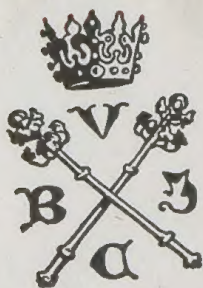


Mag. St. Dr.



593071 I

V. 3. 7.  
12 # 75.



2464

F I Z Y K A  
D L Ą  
S Z K Ó Ł N A R O D O W Y C H  
C Z Ę Ś Ć I  
M E C H A N I K A

*Piérwszy ráz wydaná*  
C.I.

---

Oprawna - - - - Zło. 4.

---



W K R A K O W I E Roku 1792.

---

W Drukarni Szkoły Głównéj Koronnéj.

Dzieło „*Mechanika* „ dla Szkół Narodowych przez Jmci Pana Hube Dyrektora Nauk w Korpusie Szlacheckim Kadetów w języku Łacińskim napisane, a przez Towarzystwo do Xiąg Elementarnych na Polski wyłożone, odczytane i roztrząszone, na Sessyi Kommissyi Naszey dnia 22. Miesiąca Lipca aprobowane, do użytku Szkół Narodowych wedle Przepisów i Ustaw Naszych podaliśmy — Dan w Warszawie na Sessyi dnia 22. Miesiąca Lutego 1792 Roku —

MICHÁŁ Xzę PONIATOWSKI Prymas.

GASPAR CIECISZOWSKI Biskup Kijowski.

MICHÁŁ Xzę RADZIWIŁŁ Wda. Wileń.

LUDWIK GUTAKOWSKI Podkom. W. W. X. L.

JULIAN NIEMCEWICZ.

ANTONI LANCKORÓŃSKI.



593041

I



Z B I Ó R R Z E C Z Y  
KTÓRÉ ZAWIÉRA CZĘŚĆ PIÉRWSZĄ  
NA PIĘĆ XIĄG PODZIELONĄ

---

X I Ę G A P I É R W S Z A  
o biegu.

Rozdział I. o biegu składanym.

—— II. o biegu postępnym.

—— III. o samowolném ciąż spadaniu.

—— IV. o biegu iednostaynie przyspieszonym

—— V. o doświadczeniach około spada-  
nia ciąż.

—— VI. o ciałach ciężkich rzuconych.

X I Ę G A D R U G Á  
o sile ciężkości.

Rozdział I. o biegu ciąż ciężkich na płaszczy-  
znach pochyłych.

—— II. o dźwigni (*Vectis*).

—— III. o śrzedku ciężkości.

—— IV. o ruchu wachadeł.

X I Ę

## XIĘGA TRZECIA

o dalszych przyczynach ruchu nie zawi-  
słych od ciężkości.

Rozdział I. o wachaniu ciał sprężystych.

—— II. o uderzaniu się ciał.

—— III. o dźwięku czyli głosie i o rozcho-  
dzeniu się jego.

—— IV. o spójności w ciałach.

—— V. o tarcu.

## XIĘGA CZWARTA

o biegu i siłach płynów.

Rozdział I. o ciśnieniu powietrza.

—— II. o ruchu płynów w ogólności.

—— III. o biegu rzek.

—— IV. o biciu i odbiciu czyli oporze płynów

## XIĘGA PIĄTĄ

o biegu ciał Niebieskich.

Rozdział I. o obrocie i siłach odśrodkowych  
(*vis centrifuga*).

—— II. o tworzeniu się biegu kołowego.

—— III. o figurze i wielkości ziemi.

—— IV. o biegu księżyca.

—— V. o rocznym biegu ziemi.

—— VI. o budowie świata.





POCZĄTKÓW  
FIZYKI  
CZĘŚĆ PIĘRWSZĄ  
*albo*  
MECHANIKĄ

XIĘGA I.  
*o biegu*  
ROZDZIAŁ I.  
*o biegu skłádanym.*

§ I.

**G**dy powozém, albo na okręcie iedziemy, powóz idący albo okręt nas z sobą unosi — łódź i wszelkie ciało na rzéce pływające z biegiém z rzeki upływa; słowém, codziénne widzimy mezliczone dowody téj prawdy, że iedno ciało udziela biegu drugiemu. To zaś udziélanie biegu, dzieie się, nie tylko gdy iedno ciało z drugim iest spoione, ale

Co iest  
bieg skłá-  
dany?

téz

tęz gdy się na niém wspiera, albo się z niém styka, lub tęz innym jakim sposobem łączy. Taki mają początek wszystkie biegi składane. Człowiek n. p. po okręcie chodząc dwoisty, ma bieg gdy okręt płynie, to jest: właściwy względem okrętu, i bieg spólny z okrętem.

## § II.

Bieg składany z wielu pojedynczych iednakowych kierunków, jest tych biegów summa.

Jeżeli wiele biegów na iedną linię, podług iednakowego kierunku łączą się z sobą, każdy łatwo poznać, że bieg z nich złożony jest summa rzeczonych biegów, i że iego kierunek tenże sam jest, co i tamtych. Połóżmy n. p. na stole pręcik, a na nim posadźmy iakiego robaczka. Jeżeli ten robaczek, w przeciągu iednej minuty, na pręciku ułazi cał ieden, a tyléż w iednakowym czasie, i podług iednakowego kierunku posuwany pręcik, iasną jest rzecz, że dla dwoistego biegu, robaczek na końcu minuty, od pierwszego miejsca na stole naznaczonego, na dwa cale oddali się. Słowem, złączwszy wiele biegów iednakowego kierunku, czyli iednostronnych, jeżeli się żadnego z tych biegów kierunek nie odmienia, zawsze miejsce biegiem składanym, w pewnym czasie wymiérzone, równa się summie miejsc, w iednakowymże czasie, każdym z osobna biegiem pojedynczym przebytych. Kierunek zaś biegu składanego jest w tęż



w tę samą stronę, w którą był w biegach pojedynczych.

### § III.

Jeżeli zaś dwa biegi prostodrożne mają kierunki sobie przeciwné, łatwo zrozumieć, że bieg z nich składany, równy będzie ich różnicy. W przykładzie już przytoczonym bierzmy, że się przecik wstecz odsuwa przez pół cala, w tymże samym czasie w którym robaczek przed się na nim pełza przez cal, a iasną jest rzecz, iż dwojakim złączonym biegiem, robaczek oddala się od swęgo miejsca na stole tylko na pół cala. A ogólnie mówiąc, takowy bieg składany zawsze zostaje na drodze spólny obu biegów złączonych, i dzieje się podług kierunku, które było w przedszym biegu pojedynczym. Miejsce zaś owym biegiem składanym przebyté, n. p. w czasie minuty, równa się różnicy miejsc, biegami pojedynczemi w tymże czasie przebytych.

### § IV.

Jeżeli tedy biegi pojedyncze sobie wprost przeciwné są równé, i edén przez drugi znosi się, a żadén bieg składany nie następuje. Tak w naszym przykładzie robaczek miejsca swęgo zgoła nie odmiénia względem stołu, jeżeli przecik ustawicznie z taką prędkością w przeciwną stronę ciągniemy, z jaką robaczek po nim leże. Człowiek także równie prędko

Biegi składany ze dwóch pojedynczych wprost sobie przeciwnych, równa się ich różnicy.

Biegi pojedyncze czasem się ieden przez drugi nieznaczają.

w tył statku bieżący, iak sam statek plynie, podobnymże sposobem na iednym miejscu względem brzegów zostaje.

## § V.

Dodawanie biegów które się dzieją na iednemyż linii prostey.

Jakążkolwiek tedy liczbę biegów na iednemy linii złączywszy, bieg składany następującym sposobem łatwo się okréśla. Kładźmy, że wszystkie biegi w jednę stronę są dodatne, wszystkie zaś przeciwnie dążące są odiemne, a miejsca każdym z osobna biegiem w jednakowym czasie przebyte według znaku służącego biegowi dodamy. Jeżeli z takowego dodawania żadna summa nie wyniknie, w takim razie przez bieg składany miejsce się wcale nie odmiénia, czyli żaden bieg składany nie następuje. Jeżeli zaś jest iaka summa biegów, ta okazuje wielkość ich, a razém przez swój znak dodatny + lub odiemny — i kierunek biegu składanego. Tak jeżeli na iednemy linii prostey znajdują się cztery biegi poiedyncze, dwa dążące w prawą, z których ieden przez dwie stopy, drugi zaś przez 5, w przeciagu minuty odprawuje się; dwa także w przeciwną stronę, z których ieden przez 7 stóp, drugi przez 3 stopy, w czasie iednemy minuty dają: wtedy trzeba dodać cztery liczby  $2 + 5 - 7 - 3$ . z których liczb gdy summa wypada — 3, poznałemy, że bieg składany jest w lewą przez 3 stopy, w czasie iednemy minuty.

## § VI.



## § VI.

Jeżeli zaś dwóch biegów prostodro-  
żnych kierunki pod pewnym kątem do  
siebie się nachylają, łatwo poznać, że  
punkt fizyczny, na którym oba biegi się  
łącza, ani kierunkiem iednego, ani kie-  
runkiem drugiego iść nie może, ale  
średnia niejaka droga, między obiema  
kierunkami iść powinien. Dla lepszego  
tęj rzeczy zrozumienia, wystawmy so-  
bie znowu, iakięgo robaczka, na kształt  
punkta, któryby na prostym i tegim laził  
pręciku. Mniemamy że ow pręcik A G.  
postępuje ustawicznie biegiem równo od-  
ległym wzdłuż linii A D; a iasną jest rzec-  
czą, iż wszystkie punkta rzeczonoęgo prę-  
cika biegać calej podobnie i równie.  
Niech albowiem punkt A, n. p. w czasie  
dwóch minut, przychodzi na C, rzecz  
jest iawna, że inny także pręcika punkt  
M, w tymże samym czasie, przejdzie li-  
nią M F. od linii A C równoodległą i  
równą. Więc punkta M i A tylęż drogi  
ubiegły, i gdyby ieden na drugim leżał,  
obadwaby na iedno miejsce doszły. Za-  
czem robaczek leżacy, na którymkolwiek  
punkcie tegoż pręcika znayduie się, za-  
wsze podlega temuż samemu biegowi,  
którym punkt A ku D uchodzi, póki lini-  
ia A G w swoich położeniach równood-  
ległość zachowuie. Dajmy tedy, że prę-  
cik A G, w czasie iedney minuty prze-  
suwa

Bieg skła-  
dany z po-  
iedynczych  
pod nieia-  
kim kątem  
z sobą się  
schodzą-  
cych, iaki  
iest?

Fig: 1.

# XIE. I. ROZD. I.

suwają się na B H, wzdłuż dwóch minutach na C I, i t. d. robaczek zaś razem lezie z punktu A, a przy końcu pierwszemu minucie jest na L, drugi na M, i t. d, iasna jest rzecz, iż gdy się obadwa biegi złączą, robaczek za upłynięciem pierwszemu minucie będzie na E, za upłynięciem drugiego na F i t. d, co się pokazuje poprowadziwszy L E, M F od linii A D równoległocie. Jeżeli tedy zawsze jest  $A B : B E = A C : C F =$  lub  $A L : E L = A M : F M$ , linia przez wszystkie punkta E, F, i t. d. przechodząca będzie prostą, a robaczek biegiem składowym drogę prostą wymierzy.

## § VII.

**Biegi podobne.** Jeżeli miejsca dwoma biegami w równym czasie przebyte, zawsze zostają w pewnym stosunku danym i nieodmiennym, takowe biegi nazywają się podobnymi. Jeżeli tedy dwa biegi prostodrożne ku A D. i A G. są sobie podobne, to jest: jeżeli miejsca obidwa biegami a w jednym czasie przebyte, iako to A C i A M, albo B C i L M i t. d. zawsze są w stosunku  $A B : A L$ , punkt w którym się rzeczone biegi schodzą, linią prostą A F przejdzie, między liniami A D, A G leżąca, a bieg składowy zupełnie podobny będzie obu biegom poiedynczym, gdyż miejsce A F przebieżone bywa w jednym minucie, A F we dwóch, jest zaś  $A E : A F = A B : A C = A L : A M$ .



## § VIII.

Gdy tedy dané są dwa biegi prostodrożné i podobné, jeżeli jednym z nich w pewnym czasie, wymiérzą się  $AC$ , drugim w tymże czasie  $AM$ ; wykreślimy Równoległobok  $ACFM$ ; przekatnią  $AF$  tego Równoległoboku nie tylko kierunek biegu składanego, który w tym razie zawsze będzie prostodrożny nam okáže, ale i miejsce w tymże samym czasie, tymże biegiem przebyté, bądź kąt  $GAD$  jest wielki bądź mały. Wszystkie zaś trzy biegi, to jest, składowy i dwa połączycze, będą sobie podobné, i przypadną na iedną płaszczyznę, gdyż przekatnią  $AF$  zawsze jest na płaszczyźnie linii  $AD$ ,  $AC$ .

Biegów podobnych i prostodrożnych składowanie.

## § IX.

Wszystkie biegi iednostayné, są też sobie podobné. Albowiem niech będzie prędkość w jednym takowym biegu  $= C$ , w drugim  $= c$ , a znajdą się obie stałe i nieodmiénne (Wstęp Rozd. XVI. § 5.) Nad to niech iaki punkt idzie w czasie  $t$ , iednym biegiem przez miejsce  $S$ , drugim przez miejsce  $s$ , a zawsze będzie  $C:t = S:s$  (Wstęp Rozd. XVI. § 5.) Zaczém miejsca iednym i drugim biegiem, w równym czasie przebyté, zawsze są w stałym stosunku  $C:c$  więc takowe biegi są podobné; (§ 7.) przeto i wszystkie biegi, które ciągle bez żadney odmiany trwa-

Biegi iednostayne są też do siebie podobne.

trwają, są sobie podobné, gdyż są iednostayné. (Wstęp Rozd. XVI § 10.)

## § X.

Składanie  
biegów da-  
nych kto-  
rych kie-  
runkischo-  
dzą się  
pod ką-  
tém.

Jeżeli mamy dané dwa biegi, których kierunki są  $AD$ ,  $AG$ , prędkości zaś ich w stósunku  $AC$ :  $AM$ , zawsze rozumieć należy, że wzmiankowane kierowania i prędkości w biegach poty trwają, poki téż biegi żadnéy nie podlegają odmianie (Wstęp Rozdz. XVI. § 10.) to iest: poki są sobie podobné. Zaczém w tym razie przekątnią  $AF$ , równoległoboku  $ACFM$  nie tylko iest droga biegu składanego z poiedynczych, ale téż prędkość tegoż biegu składanego, má się do prędkości obu biegów poiedynczych iak  $AF$ :  $AC$ , i  $AF$ :  $AM$ : słowém, liniie  $AC$ ,  $AM$ ,  $AF$  są miarą prędkości owych biegów, których kierunki pokazują. Gdyby bowiem obadwa biegi dané bez odmiany trwały n. p. przez minutę, iednym biegiem wymiérzyłoby się miejsce  $AC$ , drugim miejsce  $AM$ , bo w każdym biegu iednostaynym miejsca, w jednym czasie przebieżoné, są w stósunku prędkości. Zaczém w tymże samym przeciągu iednéy minuty, biegiem składanym wykryślałoby się linią  $AF$  iednostaynie (§ 8.) Zaczém prędkości w tych trzech biegach są iak  $AF$ ,  $AC$  i  $AM$ .

## § XI.



## § XI.

Jak się łączą dwa biegi prostodrożne sobie podobne, łatwem doświadczeniem w ten sposób okazać można. W gorze iakiędy tablicy kwadratowej, pod pion na stole ustawionę, przypraw prętek  $AC$  poziomic idący, na którymby bloszek ruchomy wisił na  $L$ . Jeden koniec nici na bloszek założonę, ma być przywiązany na  $K$ , na drugim zaś wisi ciężar  $M$ , który gdy bloszek stawia na  $C$ , iest na  $E$ . Toż gdy pociągniemy bloszek od  $C$  na  $A$ , tak że ciężar w tymże czasie przyydzie na  $I$ , wziawszy  $KI = KE$  obaczmy, że tenże ciężar na linii prostę  $E MI$  przekątni równoległoboku  $I DEK$  wznosić się będzie. Ponieważ bieg ciężaru dwoisty iest, iedn, który ma spólnie z bloszkiem od  $C$  ku  $A$ , drugi, którym w górę ustawicznie idzie od  $M$  ku  $L$ , albo od  $E$  do  $K$ , bo iedna część nici  $ML$  coraż bardzię się skraca, gdy bloszek idzie ku  $I$ . Ze zaś nie cała zawsze iednakowędy iest długości, część iędy iedna  $ML$  tém się krótszą staie, im druga część  $KL$  bardzię się podłuża, to iest: ciężar w każdéy czasu minucie, przez tylé mieysca w górę idzie drogą  $ML$ , ilé bloszek posuwając się ubiega na linii  $KI$ . Zaczém mieysca obu biegami poiedynczemi w jednym czasie przebyte, są zawsze sobie równé, bądź bloszek prędko, bądź

Doświadczenie  
względem  
składania  
biegu.

Fig: 2.

badź z wolna ciągniony bywał. Więc oś-  
badwa biegi są sobie podobné, (§ 7.) za-  
czém ciężar na przekątnej EI w górę  
się wznosi. (§ 8.)

## R O Z D Z I A Ł II.

### O biegu postępnym.

#### §. I.

Bieg po-  
stępnay.

Już poprzednie widzieliśmy (Roz: I.  
§. 6.) że na każdéj linii prostéj AG, któ-  
rą się w ten sposób posuwa, iż zawsze  
w położeniach swoich jest równoodległa,  
że mówię w takiéj linii wszystkie punkta  
mają biegi całé równé i podobné; albo-  
wiém biegpewnégo punktu A z biegiém  
innégo iakiégo punktu M zupełnie się zgá-  
dza, gdybyśmy punkta iedén na drugim  
położyli. Mówimy w tym razie, iż  
wszystkie punkta linii AG mają *tenże sam*  
*kierunek*, ponieważ kierunki równoodle-  
głe różnią się tylko miejscami, z których  
punkta wyruszone idą, zaczęm caleby się  
zeszły, gdyby punkt iedén z tegoż samego  
miejscza wychodził, co i drugi. Takowy  
to bieg ciała, którego wszystkie punkta,  
z równą prędkością iednakowo kierowane  
zawsze idą, *biegiem postępnym* (motus pro-  
gressivus) nazywamy.

#### §. II.



## Q BIEGU POSTĘPNYM

### §. II.

Xiążka n. p. na stole posuniona, ma takowy bieg postępnym; każdy zaś widzi, że odległości między ięć cząstkami, takowym biegiem bynaymnięć się nie odmięniaią. Także gdy linią AG sumiemy, a punkta ięć A i L razem przychodzą na B i E, albo też A i M razem na C i F, zawsze ięć  $BE = AL$ , i  $CF = AM$ . Toż samo się dzieie w każdym cieie postępującem; gdyż wszystkie linie między drobnemi cząstkami ciała powiedzione tak bynaymnięć się nie odmięniaią, isk  $AL$  i  $AM$ . Takowemi zaś liniami wymięrzaia się odległości między cząstkami. Zaczem wszystkie cząstki i każda z osobna w cieie bieżącem nie odmięniaia się między sobą odległości, w jakimkolwiek biegu postępnym zostacie ciało.

Biegiem postępnym nie odmięniaia się odległości między częściami ciała bieżącego.

Fig. 1.

### §. III.

Zaczem bieg postępnym bez wątpięnia ięć to bieg naypospolitszy ciałóm stałym, a zatęm kiedykolwiek powięmy bez dodatku o biegu, zawsze to o biegu postępnym ma się rozumieć. Te zaś ciała stałemi (continens) nazywamy, których części tak mocno są spoione, iż się nie rozlatuia choć ię w górę podnosimy, iakie są żelazo, krzemień, drzewa i t. d. Nigdy bowiem między ich cząstkami odległości nie odmięniaia się, iakożkolwiek ię poruszamy. Niektóre ciała stałe są mięk-

Bieg zewnętrzny i wewnętrzny.

miękkie, iak to piłka, która łatwo ścisnąć można, drugie twarde, iak to kamień. Wszelki bieg, któremu ciało stałe podęgać może, to jest: bieg którym się odległości między cząstkami ciała zgola nie odmięniają, nazywają się *biegiem spólnym*, czyli *zewnątrznym*, taki jest bieg kamienia, kuli drewnianej albo ołowianej i t. d. Przeciwny temu biegowi jest ruch *wewnętrzny*, który się w ten czas dzieje, gdy się odległości między cząstkami ciała iakięgo odmięniają. Taki ruch wewnętrzny sprawujemy n. p. w wodzie stojącej, gdy ją laską mięszamy.

## §. IV.

Ruch kołowy jest spólny.

Łatwo tedy wyrozumiemy, że wszelki bieg postępnny, zawsze jest spólny, gdyż przez ten odległości między cząstkami ciała bynajmniej się nie odmięniają. Lecz nie sam bieg postępnny jest spólnym ale i *ruch n. p. kołowy* (*motus rotationis*) jest takimże. Gdyż iakie ciało i obracać się może, bez żadnej między swemi częściami w odległościach odmiany, co się prawdzi na kole młyńskim, które kręcąc się, żadnego nie ma biegu postępnego. Kula zaś po ziemi potoczona kręci się razem i postępuje. Toż się dzieje z kołami wozowemi, gdy wóz idzie. Ruch zaś wewnętrzny w niektórych częściach ciała znajduje się, iako to bicie serca w każdym zwierzęciu dopóki żyje, albo też obrót kółek



kółek w jakiéy samoruchni (automa.) Bywá i tén ruch wewnętrzny, co do całego ciała często spólny, gdy tylko zważamy tę albo owę część iego: Gdy np. w jakiéy samoruchni jedno koło w tę drugie w przeciwną obraca się stronę, odległości między zębami obu kół i między innemi tychże kół częściami ustawicznie się odmiéniaia, zaczęm tén ruch względém całej samoruchni iest: wewnętrzny. Lecz wszystkie koła mają bieg spólny, gdyż się tylko kręcą.

## §. V.

Jeżeli tedy w jakim ciele iest bieg postępný, wszystkie iego czastki, wszystkie punkta fizyczne (Wstęp Rozd: XV. §. 8.) równy bieg mają, to iest z jednakową prędkością i w jednę stronę dążą. Lecz trzeba nam pamiętać na to, że w każdym ciele nieźmierná moc znajduje się miejsc próżnych między czastkami ciała (Wstęp Rozd: XV. §. 9. 10.) Dáymy tedy że te miejsca próżne nowemi się czastkami napełniły, które w ténże sam sposób bieg mają iak pierwszć czastki ciała, czyli że cięto gęstsze niż stało niż było, (nie odmiéniały rozciagu) wypadá stad rzecz, iż się tym sposobém bieg całkowity ciała przez takową odmianę pomnóżá. I gdyby we dwoieby tóż iego bieg się pomnożył, A ogólnie mówiąc, bieg ciała nigdy inaczej bydz

Bieg postępný, gdy inné okoliczności są równé, iest w stosunku gęstości ciała bieżącego.

bydź nie może, jak w stosunku miąższości, to jest: w stosunku liczby cząstek, jeśli tylko każda z osobna cząstka równą ma prędkość i kierunek. Jeżeli bowiem bieg każdej cząstki wyrażamy przez 1, bieg całego ciała będzie jak liczba z takich jednostek złożona. Im zaś ciało z więcej równych składa się cząstek, iednakową prędkość i kierunek mających, tém ta liczba staie się większą, a zatem i bieg całkowitego ciała jest większy.

## §. VI.

Biegi postępné ciał iednakową prędkość mających są jak ich miąższości.

Toż samo się dzieie, gdy ciało poruszonné, czyli w biegu będącé powiększy się i co do rozciagu, i co do miąższości iednakowo gęstém zostaiąc, gdyż to nic nie czyni, że cząstki nowé zewnątrznie albo wewnątrznie ciała przybywaią. Lecz gdy wystawniemy sobie w myśli, że iekie ciało iuż gęstszém się staie, iuż rzadszém, iuż większém, iuż mnieyszém, w saméy rzeczy zważamy wielé ciał różnéy miąższości i gęstości. Zaczém dwóch iakichkolwiek ciał biezących z iednakową prędkością i kierunkiem, biegi postępné są w stosunku ich miąższości; taż prawda ma mieyscé, choć kierunki ciał różné będą. Ponieważ wielkość biegu bynajmniéy nie zawisła od iego kierunku, lecz tylko od wielu odmian mieysca, (Wstęp. Rozd. XVI. §. 2.) bądź té odmiany dzieia się w tę lub owę stronę. Zaczém ogólnie twierdzić



## O BIEGU POSTĘPNYM 111

dzic można, że gdy dwa jakieś ciała w biegu idą z równą prędkością, bieg ich postępnym jest w stosunku miąższości ciał.

### §. VII.

Lecz jeśli dwa ciała, których miąższości są różne, z nierówną idą prędkością, biegi ich postępne są w stosunku prędkości. Dajmy bowiem, że prędkość jednego ciała jest do prędkości drugiego, jak 2: 3, linie też proste, w jakimkolwiek czasie danym, wykreślone od dwóch punktów fizycznych, z których ieden znajduie się w jedném, a drugi w drugim ciele, są w stosunku 2: 3, jeżeli dané biegi bez żadnej odmiany trwają. Zaczém i summa miejsc przebieżonych od obu punktów fizycznych w równym czasie, jest w stosunku 2: 3. Przeto i odmiana miejsc obu punktów czyli bieg, (Wstęp. Rozd. XVI. §. 2.) jest w tymże samym stosunku 2: 3. I tak gdy iedno ciało ma n. p. 1000 punktów fizycznych równych, drugie także składać się będzie z tysiąca takowychże punktów (gdyż obu ciał miąższości są równe); bierzmy tedy, że bieg iakięgo punktu w ciele jedném jest = A, w drugim = B, bieg całkowity pierwszego ciała stanie się = 1000 A, drugiego = 1000 B, (§. 5.) A że pokazaliśmy, iż jest  $A: B = 2: 3$ , więc i  $1000 A: 1000 B = 2: 3$ , to jest: biegi postępné całych ciał będą w stosunku prędkości.

Biegi postępné ciał równych miąższości są w stosunku prędkości.

### §. VIII.

## §. VIII.

Stąd łącno wnieść możemy, że biegi postępné iakichkolwiek ciał, są w stósunku składanym z miąższości i prędkości tychże ciał. Niech będzie n. p. bieg postępný jeden M, miąższość ciała 3. prędkość 5, bieg zaś drugi także postępný N, miąższość ciała 3. prędkość 4; a znajdziemy M: N = 5: 4 ( §. 7. ) Nad to ciało mając miąższości 6, niech idzie biegiem postępnym m, prędkością 4, takowąż, iaka jest w biegu N; a będzie N: m = 3: 6 ( §. 6. ) Zaczém składając będzie M: m = 3. 5: 4. 6 = 15: 24 = 5: 8. Podobnymże sposobem i w innych iakichkolwiek biegach postępných stósunek łatwo znaleźć można.

## R O Z D Z I A Ł III.

o samowolném ciał spádaniu.

## §. I.

Kto nie znajduie xiążki tam, gdzie ia przed nieiakim czasem położył, sądzi, że stamtąd xiążkę wzięto. Gdyż wydatby się na pośnięch, gdyby trzymał, że xiążka sama przez się z jednego miejsca na drugie przeszła. I tak gdy iakić ciało zaczyna mieć ruch, każdy sądzi, iż owo poruszenie nie od samego ciała, ale od iakięy siły zewnętrzney pochodzi. Bo żadna odmiana w ciele, albo w jego stanie, bez przyczyny zacząć się nie może, i gdy ta przyczyna wzru-

Ciało spo-  
czywające  
nie może  
bydź poru-  
szone, chy-  
ba przez  
iaka siłę ze-  
wnętrzną.



wzrusza ciało w czasie poczynającego się odmiiany, musi być różną od tego ciała. Zaczem żadne ciało spoczywające nie może się z mietyka porużzyć, chyba przez nieiaką siłę zewnetrzną, to jest różną od samego ciała.

## §. II. Jul. Jeq.

Podobaymże iposobem i ciało, które raz jest porużone, ani się zatrzymać, ani biegu swego odmienić żadnym iposobem nie może, chyba że iaka przyczyna zewnetrzna na nie siłę wywierza, bo ta odmiana stanu ciała zawsze pochodzi od przyczyny, która się różni od samego ciała. Zaczem ogólnie mówiąc, żadne ciało samo przez się ani spoczynku na bieg, ani biegu własnego na spoczynek zamienić nie może, chyba to sprawi działaniem swoim przyczyna iaka zewnetrzna, to jest taka, która się nie znayduje w samym ciełe. Tę własność ogólną wszystkich zgoła ciał Filozosowie *bezwładnością* (*inertia*) tychże ciał nazywają.

Bezwład.  
ność ciał,

## §. III.

Doświadczenie zdaje się być wyprąwdzie przeciwne bezwładności ciał, gdyż wszelkie biegi, na które codziennie pa-  
trzymy, bez żadney przyczyny zewnetrzn-  
ney widzianey, albo ustawicznie się od-  
mieniają albo zupełnie giną. Lecz trzeba  
pamiętać na to, że cała ziemia zewsząd jest  
powietrzem otoczona, które chociaż nam

Przez od-  
pór powie-  
trza ruch  
ciał około  
nas będą-  
cych się  
bieie.

R

pod

pod oko nie podpada, iednakże wszelkiemu  
ciał poruszeniu znacznie się opiera (Wstęp.  
Rozd. X. §. 22.) dla téy albowiem przy-  
czyny prędkość iakiegożkolwiek ciała ziem-  
skiego w biegu coraż słabieje, a na reszcie  
i całe ustaie.

## §. IV.

Bieg ciał  
które nas  
otaczają,  
często się  
odmienia  
przez ich  
ciężkość.

Nad to, wszystkie ciała nas otaczające są  
ciężkie, przez co się dzieie że poruszone,  
ieśli cale na inném cieie nie są wsparte,  
pospolicie kierunek i prędkość odminiają,  
bez żadney widzialney przyczyny, gdyż  
to, co ich ciężkość sprawia, pod natęż-  
oczy nie podpada. I tak kamień ukośnie  
rzucony nigdy prosto nie leci, ale coraż  
bardziéj ku ziemi się zbliża, a w reszcie  
na ziemię upada. Zaczém bieg swój usta-  
wicznie odmienia, boby zawsze prosto  
biegł podług pierwszego kierunku, gdyby  
go nie odmieniał. (Wstęp. Rozd. XVI. §. 9.)  
A ta odmiana stąd pochodzi, że ciężar ka-  
miénia ustawicznie pędzi go na dół. Dla  
téyże saméy przyczyny kule z dział wy-  
strzelone podobnyż bieg mają.

## §. V.

Tarcie jest  
także przy-  
czyną od-  
miany ru-  
chu.

Może wprowadzie iakie ciało tak biedz,  
żeby iego ruch nie podpadał odmianie dla  
ciężkości, n. p. na powierzchni pozioméy  
iakiey rzeczy nie ruszających się. Ale i  
w tén czas z inney znówu przyczyny bieg  
iego, to jest przez ustawiczne tarcie od-  
mienia się i słabieje, które to tarcie zawsze  
zna-

znacznę jest, gdy iakić ciało na powierzchni drugiego bieży i tę powierzchnią ciśnie, bądź że ta powierzchnia jest pozioma, bądź że nie jest. (Wstęp. Rozd. XIII. §. 4.) Zaczem różne są przyczyny, przez które wszelkie zgoda około nas będące ruchy ustawicznie się odmieniają i słabieją, tak dalece, że w żadnym równa zawsze prędkość, i tenże sam kierunek trwać nie może i ta ustawiczna odmiana nie sprzeciwia się ciąż bezwładności, ponieważ bezwładność ciał czyni je nie mający obojętne do biegu iak do spoczynku.

## §. VI.

Niektóre ciała mają w sobie osobną przyczynę ruchu oprócz ciężkości, którą jednak przyczynę zewnętrzną nazywamy względem ciała, dla tego, że nie jest tém samém co ciało. I takie są zwierzęta, które póki żyją, od wnetrzney nieakiey przyczyny ruch mają, która działać poprzestaie, gdy obumierają. Ale kule n. p. ołowiane, drewniane i t. d. i bardzo wiele tegoż rodzaju ciał, takięgo początku ruchu, oprócz ciężkości nie mają, a zatem stanu swęgo odmienić nie mogą, tylko przez własny ciężar, albo przez iaką zewnętrzną siłę. Gdyby tedy takie ciało spadało w miejscu całe wolném od przeszkód i gdzieby nie się nie znajdowało, coby na nie siłę wywrzeć mogło, iawna jest rzecz, iż ruch ciała od ciężkości sprawiony, ani byź osłabio-

Ciała w próżni (in vacuo) spadają bez żadney odmiany biegu sprawionęgo ciężkością



nym ani odmienić się żadnym sposobem  
nić mógłby.

## §. VII.

Przypuszczenie (hypotesis) jest rzeczą bardzo dowodliwą, że ciężkość ciała równie biegi sprawuje w równych czasach.

Każde ciało ciężkie, które z pewnej wyfokości spada, w czasie spadania, równie ciężkiem ustawicznie zostaje, o czém nikt nie wątpi. Gdy tedy samą ciężkością spada, dowodliwo jest, iż bez przestanku iędnakowo mu biegu przybywa w równych czasach; bo działania poprzedzające ciężkości, trwają w swojej mocy, a nowe iędnakowe w następnych czasach przybywają. To przypuszcivszy, obaczmy, iaki powinien być bieg ciała, gdy na miejsce od przeszkód zupełnie wolném samowolnie spada. Jeżeli bowiem doświadczoné pokazuje, że w samę rzecz takowy bieg ciał samowolnie w próżni spadających znajduje się, można będzie pewnie stąd wniesć, że nasze przypuszczenie, o równości przybywania biegu, w równych czasach sprawionego, jest prawdziwé i pewné.

## §. VIII.

Prędkość ciał wolnie spadających, ustawicznie się pomnaża w stosunku czasu.

Przeto gdy kula ołowiana, albo inne iakie ciało w przestrzeni próżnej spada w jednéj sekundzie, albo przez inny czasu przeciąg, dla swojej ciężkości nabywa pewnego biegu, który oznaczam przez iednostkę, w drugim czasie równym znowu biegu przez takąż iednostkę, w trzecim czasie równym znowu biegu podobnie i t. d.

it. d. A że te wszystkie biegi odprawiają się na tychże samych liniach pionowych, i ciało zawsze utrzymuje każdy bieg począty nie odmieniając go, (§. 7.) koniecznie stąd idzie, że cały bieg jego będzie złożony, i po wypłynięciu drugiego czasu summą biegów 1. i 1. a przeto = 2, po skończeniu trzeciego czasu = 3. it. d. (Xię. 1. Roz. 1. §. 2.) słowem, przy końcu iakiękolwiek czasu, który się od samego początku spadania zaczyna, bieg ciała będzie w stosunku czasu. Ze zaś doświadczenie naucza, iż wszystkie biegi ciał samowolnie spadających z ciężkości pochodzące, są biegami postępnymi, takie zaś biegi przy jednakowych ciał miąższościach zawsze są iak ich chyżości (Xię. 1. Rozd. 2. §. 7.) idzie zatem koniecznie, że i prędkość iakięgokolwiek ciała w próżni samowolnie spadającego przy końcu każdego czasu, który się zaczyna od samego początku spadania, jest iak czas, to jest: w takim razie czas jest wymiarém prędkości.

## R O Z D Z I A Ł IV.

*o biegu iednostaynie przyspieszonym.*

### §. I.

Taki bieg ciał samowolnie spadających, iaki podług naszego przypuszczenia być powinien, nazywa się biegiem iednostaynie przy-

Bieg iednostaynie przyspieszony.

Fig. 3.

przyspieszonym (æquabiliter acceleratus) gdyż o wszelkim biegu, którego prędkość nieustannie coraz bardziej a bardziej się pomnaża mówimy, że jest przyspieszony. Jeżeli prosta linia  $AE$ . oznacza czas iakiego biegu i jest podzielona na ilekółwiek części równych  $AB, BC, CD, DE$ , i t. d. każda zaś linia do  $AE$ . prostopadła  $BF, CG, DQ, EK$ . i t. d. oznacza prędkość przy końcu czasu  $AB$ , albo  $BC, CD$ , albo  $DE$ , tedy poprowadziwszy linią przez punkta  $A, F, G, Q, K$ . cała Figura nazywa się *podziałką prędkości* (scala celeritatum) w tym biegu.

## §. II.

Bieg nie iednostayny.

Fig. 4.

Piérwszy móment spadania ciała, nie wchodzi w rachunek prędkości biegu iego. Zaczém punkt  $A$ , oznacza iey początek biegu iest spółny podstawie i linii  $AK$ , na podziałce prędkości owégo, biegu. A że prędkość  $BF$ , iest do prędkości  $CG$ . iak  $AB, AC$ . (§. 9.) więc linia  $AK$ . iest prosta, a sama podziałka będzie troykatém prostokątnym i przez taki troykat można wyrazić każdy bieg iednostaynie przyspieszony. Linia  $AFGK$ . czyli  $AK$ . może też bydz krzywą, a w tén czas iawną iest rzecz, iż tén bieg nie będzie iednostaynie przyspieszony, któremu służy taka krzywa podziałka. Ogólnie mówiąc, wszystkie takowe biegi, w których prędkość ustawicznie się odmiénia, nazywane bywaią  
nie-



niejednostaynymi (inæquabiles). Jako bowiem linii krzywéy żadna cząstka nie jest prostą, tak też i biegu niejednostaynego wszystkie cząstki muszą być niejednostayne, ale w nich prędkość ustawicznie się odmiénia.

### §. III.

Jeżeli jaki punkt iednostaynie bieży w przeciagu czasu  $c$ , prędkością  $p$ . przez miejsce  $m$ , a w przeciagu czasu  $C$ . prędkością  $P$ . przez miejsce  $M$ ; będzie  $P:p = Mc: mC$  (Wstęp. Rozd. XVI. §. 6.) a przeto  $Cm P = c M p$ . i  $M: m = PC: pc$ . Zaczém jeżeli  $AH = p = BF$ ,  $BI = P = ER$ ;  $AB = c$ , i  $BE = C$ . będą miejsca  $M$  i  $m$ , w stósunku prostokątów  $BIRE$ , i  $HFB A$ , tak dalece, że w podziałce prędkości przez podstawę czas, przez pionowe  $AH$ ,  $BI$ . i t. d. prędkości przez place między temi prostopadłemi leżące, miejsca przebieżone oznaczają się.

Plac w podziałce prędkości wyraża miejsce przebieżone biegiem iednostaynym.

Fig. 3.

### §. IV.

Żebyśmy zaś i miejsce oznaczyli biegiem iednostaynie przyspieszonym iakięgo punktu w czasie  $AE$  przebył, którego podziałka prędkości jest  $A E K$ , a prędkość  $E K$ . po wypłynionym czasie  $A E$ . rozdzielmy tén czas  $A E$ . na wiele chcemy części równych  $AB$ ,  $B C$ ,  $C D$ ,  $D E$ , i wystawmy sobie w myśli dwa biegi  $P$  i  $Q$ . przez każdą z tych równych części czasu iednostayné. Piérwszy bieg  $P$ , niech ma za-

Miejsce biegiem iednostaynym przyspieszonym przebył, można oznaczyć za pomocą innych dwóch biegów  $P Q$ .

Fig. 4.

wsze tę prędkość, w całym przeciągu czasu jakimkolwiek, która istnieje na końcu w nim była, drugi zaś Q. prędkość początkową a będzie biegu P prędkość przez czas  $AB=BF=AH$ ; przez czas  $BC=CG=BI$ . przez czas  $CD=DQ=CR$  przez czas  $DE=EK=DS$ . Biegu zaś Q. w czasie AB, prędkość nie będzie żadną w czasie  $BC=BF=Cc$ , w czasie  $CD=CG=Dd$ , w czasie  $DE=DQ=Ee$ . Zaczęć biegiem P. w czasie AB, przebywa się miejsce AB FH. a w czasie AE. miejsce placu kacistego AHFIGRQSKE; biegiem zaś Q. w tymże samym czasie miejsce BFc Gd Qe EB (§. 34).

## §. V.

Wielkość  
miejsca  
w biegach  
P. i Q.

Jest zaś ten plac kacisty AHFIGRQKE, równy trójkątowi AEK. dodaw. zy trójkąty AHF, FIG, GRQ, QSK, a drugi plac wewnętrzny BFc Gd Qe temuż trójkątowi AEK. równa się odiawszy trójkąty AFB, FGc, GQd, KQe. Łatwo poznać, że wszystkie te trójkąty małe, są sobie równe. Zaczęć każdy z nich jest  $=\frac{1}{2}BF$ . AB; że zaś liczba trójkątów tak zewnętrznych iako i wewnętrznych jest równa liczbie cząstek czasu AE. będą więc obiedwie summy tak wewnętrznych iako i zewnętrznych placów  $=\frac{1}{2}BFAE$ . Zaczęć miejsce w czasie AE biegiem P. przebył jest  $=\frac{1}{2}EK$ . AE +  $\frac{1}{2}BF$ . AE, a miejsce, które się drugim biegiem Q, w tymże samym czasie

sie AE. przebywa  $= + \frac{1}{2} EK$ . AE  $- \frac{1}{2} BF$ . AE.

## §. VI.

Prędkość biegu P<sub>z</sub> w jakiegokolwiek części czasu, jest zawsze większa od prędkości w biegu iednostaynie przyśpieszonym, a prędkość w biegu Q mnieysza. Że bowiem prędkość w biegu przyśpieszonym ustawicznie przybywa, niech będzie ta prędkość  $= CG$ . n. p. na początku części czasu CD, na końcu zaś  $= DQ$ , iasną jest rzecz, że taż prędkość przez całą owę czasu częśćkę, między początkiem i końcem większa była od CG, a mnieysza od DQ. A że CG. jest prędkością stałą w biegu Q, na czas CD; zaś DQ jest prędkością stałą w biegu P na ténże sam czas CD; zaczęm mieyscé w części czasu CD przebyté biegiem Q zawsze będzie mnieysze; mieyscé zaś biegu P większe od mieysca biegiem iednostaynie przyśpieszonym przebylégo w téyże saméy chwili czasu CD przebylégo. Gdyż prędkości w jakimkolwiek biegu nie poznaiémy z pewnégo czasu, ale z mieysca w owym czasie ubieżóného, a przeto tém była większa, im było więk-sze mieyscé przebieżóné, a zatém kónie-cznie mieyscé przebieżóné w pewnym czasie jest większe, im większa była prędkość w tymże czasie. Że zaś to, cośmy powiedzieli o części czasu CD, o każdéy innéy części mówić należy, wnosi się stąd ogólnie, iż na wielé chcąc częśćkę po-dzie-

Mieyscé biegu P, zawsze jest więk-sze, a mieyscé biegu Q mnieysze od mieysca biegu iednostaynie przyśpieszóného, które się w tymże samym czasie przebywa.



dzieliwszy, mieyscé biegiem P przebyté, w czasie AE, zawsze iest większe, a mieyscé w tymże czasie, biegiem Q przebyte, zawsze mnieysze od mieysca, przez które bieg iednostaynie przyspieszony odbywa się w czasie AE.

## §. VII.

Mieyscé  
biegiem ied-  
nostaynie  
przyspie-  
szonym  
w czasie  
AE przeby-  
té, nie mo-  
że bydź  
większe od  
tróykąta  
AEK.

Pamiętając znaczenie biegów P i Q, oraz przekonawszy się, że mieyscé biegiem pierwszym przebyte iest większe, a drugie mnieysze od mieysca biegiem iednostaynie przyspieszonym w tymże samym czasie przebytego, przekonać się też można, iż mieyscé biegiem iednostaynie przyspieszonym w czasie AE przebyté, nie może bydź większe od tróykąta AEK (Fig. 4.) czyli  $\frac{1}{2}$  EK. AE. Na okazanie téy prawdy, dáymy że rzeczóné mieyscé większe iest od tróykąta AEK. ilością  $b^2$  wyrażająca iakową płaszczyznę n. p. tróykąt, a zatém że toż mieyscé iest  $= \frac{1}{2}$  EK. AE. +  $b^2$ . Przypuśćmy ieszcze, że tróykąt AEK. i płaszczyzna  $b^2$  mają (a) ieden wymiar (dimensio) spółny, a tym niech będzie  $\frac{1}{2}$  EK.; tak dalece, iż drugi wymiar płaszczyzny  $b^2$  nazwawszy p, będzie  $\frac{1}{2}$  EK.

$p = b^2$ ; skąd  $p = \frac{2b^2}{EK}$ , toż  $EK = \frac{2b^2}{p}$ . Oprócz tego niech będzie linia AB. częścią wy-  
mierną

(a) Każda płaszczyzna ma dwa wymiary, a témi są długość i szerokość.

mierna linii AE. mnieyszą od p, a cała AE, na takie części iaka jest AB. Poprowadźmy prostopadłą BF. a z podobieństwa trójkątów ABF, AEK, wypadnie  $BF =$

$EK. AB. = \frac{2b^2 AB.}{AE. p}$  gdzie za EK. war-  
tość jest położoną. A że podług przy-  
puszczenia jest  $p > AB$ , więc w ostatniem  
zrównaniu mnożnik  $\frac{AB.}{p}$  jest ułomkiem prą-  
wdziwym, czyli ilością mnieyszą od ie-  
dności, zatem mnożnik drugi  $\frac{2b^2.}{AE.}$  mnożo-  
ny przezeń zmniejsza się; a tak  $BF. < \frac{2b^2.}{AE.}$

czyli mnożąc oba te wyrazy przez  $\frac{1}{2} AE.$  będzie  $\frac{1}{2} BF. AE. < b^2$  A że miejsce biegiem P. w czasie AE przebyte mieliśmy  $= \frac{1}{2} EK. AE. + \frac{1}{2} BF. AE.$  (§. 3.) a zatem różnica między témże miejscem i trójkątem AEK. mnieysza jest od  $b^2$ . Miejsce zaś biegiem iednostaynie przyśpieszonym w czasie AE przebyte, zawsze jest mnieysze od miejsca  $\frac{1}{2} EK. AE. + \frac{1}{2} BF. AE.$  (§. 4.) Przeto ieżeli jest większe od trójkąta AEK nigdy od niego bydź nie może większe ilością  $b^2$  co jest przeciwko przypuszczeniu. A zatem owo miejsce biegu iednostaynie przyśpieszonego, nie może bydź większe od trójkąta AEK.

### §. VIII.

Utrzymawszy też same przypuszczenia i warunki, iakić były w §. poprzedzającym,

Miejsce  
biegiem ied-

ednostaynie  
przyspie-  
szonym  
w czasie  
AE, przeby-  
tę, równą  
się trójką-  
towi AEK.

łatwo widzieć można, że miejsce biegiem  
ednostaynie przyspieszonym w czasie AE  
przebytę, nie może też być mniejsze od  
trójkąta AEK. Niech by bowiem było  
mniejsze płaszczyzną  $b^2$  zrównanie

$$BF = \frac{2b^2 AB}{AE \cdot p} \text{ iako też warunek z niego}$$

wypadający  $\frac{1}{2} BF$ . AE  $< b^2$  okazuje, iż  
miejsce biegiem Q wymierzone w czasie  
AE, to jest  $\frac{1}{2} EK$ . AE  $= \frac{1}{2} BF$ . AE. (§. 5.)  
mniejsze jest od trójkąta AEK. ilością  $\frac{1}{2}$   
BF. AE, a która to ilość jest mniejsza od  
 $b^2$ . Ze zaś toż miejsce biegiem Q wy-  
mierzone, jest mniejsze od miejsca biegu  
ednostaynie przyspieszonego (§. 6.) wy-  
pada więc stąd, iż miejsce w biegu edno-  
staynie przyspieszonym, jeżeli jest mnie-  
jsze od trójkąta AEK. mniej się od niego  
różni niż ilością  $b^2$  co jest przeciwko przy-  
puszczeniu. Zaczem miejsce biegiem  
ednostaynie przyspieszonym w czasie AE  
przebytę, nie może być ani większe ani  
mniejsze od trójkąta AEK, więc jest mu  
równé. A tak gdy jest nie tylko bieg ie-  
dnostayny, ale też i ednostaynie przy-  
śpieszony, płac w podziałce prędkości za-  
wsza wyraża miejsce przebytę.

## § IX.

Mieysca  
biegiem ie-  
dnostaynie  
Niech' będzie AB = 1, AC = 2,  
AD = 3, AE = 4, i t. d. BF = 2,  
CG = 4, DQ = 6, EK = 8, i  
t. d. będą miejsca w czasach 1,



2, 3, 4. i t. d. przebyte (każde względem swego czasu uieté) iak troykaty ABF, ACG i t. d. to iest: 1, 4, 9, 16, i t. d. iak kwadraty czasów, albo kwadraty prędkości, to iest: 4, 16, 36, 64, i t. d. W pierwszym zaś czasie 1. przebieżone bywa miejsce 1, w drugim czasie równym pierwszemu miejscu 3, w trzecim 5, w czwartym 7. i t. d. Słowem miejsca ABF, FBCG, GCDQ i t. d. w równych przeciągach czasu następnie przebyte, rosną iak liczby nie parzyste, co sama figura okazuje. Powszechnie zaś mówiąc, gdy iest  $AB = c$ ;  $BF = p$ . miejsce przebieżone  $= m$ , nad to ow iakikolwiek przeciąg czasu od początku biegu  $AD = C$ . prędkości przy końcu tegoż czasu  $DQ = P$ . miejsce  $ADQ$ , w tym czasie przebieżone  $= M$ ; będzie m:  $M = \frac{1}{2} c p$ ;  $CP = cc$ ;  $CC = pp$ ;  $PP$ .

przyspieszonym przebyte, są iak kwadraty czasów albo kwadraty prędkości.

### § X.

Niech będzie XX. do linii AE równoległa i AX do linii EK także równoległa, a iasna iest rzecz, że gdyby iaki punkt z takową prędkością EK, iaką tenże punkt miał w jednostaynie przyspieszonym swym biegu przy końcu czasu AE, przez cały czas AE, bez żadney w biegu odmiany jednostaynie postępował, miejsce tym biegiem wymierzone, byłoby równe prostokątowi AXKE (§ 7.) a zatem do miejsca w tymże czasie biegiem

Jak mamy sobie wyobrazić prędkość w biegu jednostaynie przyspieszonym.

giem iednostaynie przyspieszonym przebytego, byłoby w stosunku 2:1. zaczęł punkt w iednostaynie przyspieszonym biegu będący, na końcu każdego czasu rachowanego od początku biegu, taką ma prędkość, iż tą samą w równym czasie przeciagu mieysce we dwoie, większe mógłby przebydz iednostaynie bieząc. I tym to sposobem wyraznie poznaiemy iego prędkość mianą w każdéy czasu chwili.

## § XI.

Maląc znane mieysce spieszonym mieysca są w stosunku kwadratow z czasow na ich przebycie strawionych, przeto ieżeli punkt iaki bieząc biegiem iednostaynie przyspieszonym w przeciagu iednéy sekundy przebywa 15  $\frac{1}{12}$  stóp Paryzkich w przeciagu 2 sekund przebedzie 60 stóp + 4 cale

3. 135. + 9.

4. 241. + 4.

5. 377. + 1.

it. d. it. d. ..

Ze zaś biegiem takowym spadając ciążo, nabywá przy końcu czasu daného takiéy prędkości, iż nią może przebydz biegiem iednostaynym mieysce dwa razy większe w tymże samym czasie; zatem nabywá prędkości do bieżenia iednostaynie po upłynionéy 1ey sekundzie biegu przyspieszonego przez - - 30 stóp + 2 cale

# O BIEGU IEDNOST. PRZYSŁ.

2 <sup>ch</sup>	60	+ 4.
3 <sup>ch</sup>	90	+ 6.
4 <sup>ch</sup>	120	+ 8.
5 <sup>ciu</sup>	150	+ 10.

i t. d. i t. d.

Jeżeli więc punkt taki w przeciągu pewnego czasu n. p. 21." z takim iak wyżej przyspieszeniem biegt, mieysc przebieżone X znajdzie się przez takową proporcją 1: 21. 21. = 15  $\frac{1}{2}$  stóp: X, skąd  $X = \frac{181 \cdot 4 + 1}{12}$  stop pary. = 6651. stop + 9 cal: A że w tym samym czasie, nabytą tą prędkością biegiem iednostaynym przebydź się może mieysc dwa razy większe: zatem liczbę 6651 stóp + 9 cal: mnożąc przez 2, i dzieląc przez 21. liczbę sekund; znajdziemy 633. stóp + 6 cal: mieysc, które punkt dany prędkością nabytą, bieząc iednostaynie przebydź może w przeciągu iedney sekundy. Mieysc zaś to okazuje prędkość nabytą biegiem przyspieszonym w czasie 21."

## § XII.

Przeciwnie zaś gdy daná iest pewna prędkość n. p. taka, którą w przeciągu iedney sekundy, 724 stóp Paryzkich biegiem iednostaynym przeysć można było, a szukamy mieysca, któreby punkt biegiem iednostaynie przyspieszonym przebywszy, a w piérwszy spidania sekundzie przez 15  $\frac{1}{2}$  stóp Paryzkich lęący, takię prędkość nabył, iaká iest daná, którę

Co iest mieysc do prędkości daney należacé i iak ię wynalézc?



ré to miejsce nazywamy *miejsćm do*  
*prędkości daney należącćm* w następujący  
 sposób tego doydziemy. Prędkość naby-  
 ta po wypłynięniu iednćy sekundy, to  
 iest: 30 stóp, z cale, iest do prędkości  
 daney 724 stóp, w stósunku 1; 24. Ze te-  
 dy prędkości w biegu iednostaynie przy-  
 śpieszonym są iak czasy, idzie zatém,  
 iż punkt biędz powinién przez 24," że-  
 by nabył takićy prędkości, iaka iest dana.  
 Zaczém wypida  $1:24, 24=15$  stóp 1  
 cal do wysokości szukaney którą się po-  
 kazuię bydź 181, 48, albo 8688 stóp Pa-  
 ryżkich; to iest: punkt przebiegłszy wy-  
 sokości czyli miejsce 8688 stóp wysokości,  
 będzie miał taką prędkość, któraby prze-  
 był 724 stóp Paryżkich biegąc iednostay-  
 nie przez 1, sekundę.

## § XIII.

Wyrażenie  
 ogólnę stó-  
 sunku mię-  
 dzy prędko-  
 ścią i miej-  
 scćm w bie-  
 gu iedno-  
 staynie  
 przyspie-  
 szonym.

Ogólnie nazwiemy liczbę stóp Paryż-  
 kich, które iaki punkt przechodzi, bie-  
 giem iednostaynie przyspieszonym s; a bę-  
 dzie prędkość punktu na końcu tćy se-  
 kun dy 2s. to iest punkt prędkością naby-  
 tą iednostaynie bieząc uysć może w je-  
 dnćy sekundzie 2s. stóp Paryżkich. Jeże-  
 li tedy powszechnie mówiąc przebiega iak-  
 kielkolwiek miejsce m, i przy końcu swćy  
 drogi ma prędkość p, któraby iednostay-  
 nie idąc mógł przeysć przez p stóp Pa-  
 ryżkich w jednćy sekundzie, będzie m;  
 $s=pp: 4ss$ , a zatém  $p=2\sqrt{ms}$ , a zaś  
 m

in czyli miejsce, do prędkości  $p$  należą-  
 cę będzie  $\frac{p^2}{2g}$ , i tak w przykładzie wy-  
 żey przywiedzionym  $p = 724$ ,  $s = 15$   
 $\frac{1}{12}$ , a zatem  $m = \frac{724 \cdot 724}{724 \cdot 12} = 724 \cdot 12$   
 $= 8688$ . Gdyby zaś było  $p = 905$ , było-  
 by  $m = \frac{905 \cdot 905}{601} = 13575$ .

## R O Z D Z I A Ł V.

*o doświadczeniach około spada-  
 nią ciał.*

### § I.

Ponieważ powietrze z bani szklan-  
 néy albo z inného naczynia prawie  
 że wszystkiém wyciągnąć można uży-  
 wszy pompy powietrzney, (Wstęp, Rozd.  
 X. § 20.) postrzeżono, że w miejscu  
 od powietrza wolném, wszystkie ciała  
 spadające z równą prędkością lecą przez  
 linie pionowé, biegiem postępnym, tak  
 dalec, że pióro i kawałek złota z je-  
 dnakowéy wysokości razém spuszczone,  
 razém téż na dno naczynia upadają. Za-  
 czém nic nie ma w miejscu od powie-  
 trza wolném, co by choć spadaniu pióra  
 przeszkadzało, albo ié osłabić mogło, i  
 ową różną prędkość, którą się daje nam  
 widzieć niemal we wszystkich ciałach,  
 acz z jednakowéy wysokości spadają-  
 cych,

Bieg ciał  
 w miejscu  
 bezpowie-  
 trzném,  
 gdy swoją  
 mocą spá-  
 daia, jest  
 jednostay-  
 nie przy-  
 spieszo-  
 nym.

cych, od samego tylko powietrza i jego oporu pochodzi. Zaczem w miejscu od powietrza próżném bieg ołowianey kuli albo jakiegokolwiek ciała innego swą mocą spadającego od ciężkości pochodzi, odmienić się nie może, (Rozd: III. § 7.) i powinién być iednostaynie przyspieszony. (Rozd: III. § 8.)

## §. II.

Lecz że wysokość miejsc, z których powietrze wyciągnąć można, za pomocą Machiny zawsze jest mała i czasy równé, w których przez części téy wysokości ciała spadaia, tak są krótkie, że ich dokładnie porównywać z wysokościami nie można. Zaczem doświadczenia około spadania ciał nie mogą być czynione, iedno w powietrzu, a doświadczenie nauczyło, że w spadaniu ciał gatunkowo znacznie ciężkich, z miernéy wysokości, opór powietrza jest bardzo mały, a chyba w spadaniu ciał gatunkowo lekkich znaczny. Prawda, że ani najmniejszy różnicy nie można postrzedz w spadaniu, gdy kula ołowiana bądź w miejscu wolném od powietrza, bądź w powietrzu na dół leci z owéy miernéy wysokości miejsca, z którego powietrze może być wyciągnięte za pomocą pompy powietrznéy czyli Powietrzociąga. Przeto gdy Hugeniusz przez doświadczenia czynione we Francji bar-

Podług doświadczeń czynionych we Francyi była w miejscu bezpowietrzném spadała przez  $15\frac{1}{2}$  stóp Paryzkich w przeciągu iednéy sekundy.

dzo



dzie, dokładne, postrzegł, że przywią-  
kszą kula ołowiana, w przeciągu jednej  
sekundy, w powietrzu z. miejsca spo-  
czytku spada przez  $15 \frac{1}{2}$  stóp Paryzkich  
(Hugeni horologium oscillatorium Część  
IV. Poda. 26) Stąd idzie konieczne, że  
każde ciało w tymże samym czasie, ty-  
leż spada na miejscu wolném od powie-  
trza, a przynajmniej różnica w spadaniu  
jako nie znaczna może być zaniedbana.

### § III.

Miedzy Fizykami pierwszy był Gali-  
leusz który na początku wieku przeszłe-  
go bardzo szczęśliwie uczynił doświad-  
czenie około spadania ciał, ale że kładł  
ciała na tablicach pochyłych, po których  
spadały, a wolnie im spadać nie dopuścił,  
jeszcze na tém miejscu o jego doświad-  
czeniach mówić nie możemy. Po nim  
Riccioli, około pół wieku przeszłego,  
z pomocą Mavalda, bawił się w Bono-  
nii doświadczeniami około ciał spadają-  
cych, i z wyższych wież spuszczał kule  
kreciane 8 uncyy wążące, rachował koły-  
śnienia (oscillatio) na wisiadle czyli koły-  
śnienia kuli na cienkiej nici zawieszony  
(Riccioli Almagestum novum. Księg. II.  
Rozd. 27. Poda. 4.) Dostrzegł zaś, że  
w czasie 5 kołyśnięć jego wisiadła, ku-  
la kreciana spadała przez dziesięć, w cza-  
sie 10 kołyśnięć, przez 40; w czasie 15  
kołyśnięć przez 90; w czasie 20 koły-

Doświad-  
czenie Ric-  
ciola oko-  
ło spadania  
ciał.

śnień, przez 160, a w czasie 25 koły-  
śnień przez 250 stóp Rzymskich.

## § IV.

Dámy tedy, że każde z osobna ko-  
łyśnienie równie długo trwało, iawną  
jest rzecz, iż czasy spadania były ich  
1, 2, 3, 4, 5, wysokości zaś od począt-  
ku spadku rachowane do owych czasów  
należące, iak kwadraty z czasów: 1, 4, 9,  
16, 25 it.d. Ténże Riccioli wymierzył  
pewną wysokość pionową, i na nię po-  
naznaczał podziały w odległościach,  
15, 60, 135, 240 stóp Rzymskich, od  
wierzchołka rachując. Znalazł zaś, że  
kule kreciane, z owęj wysokości wol-  
nie spuszczone, spadały przez każde z o-  
sobna rzeczone podziały w czasie 6, 12,  
18 i 24 kołyśnień tegoż wisiadła, tak da-  
lece, że i tu znowu wysokości są w stó-  
sunku kwadratów z czasu.

## § V.

Bardzo ma-  
łe wabanía  
wahadeł  
równie  
trwaia.

Riccioli przy swoich doświadczeniach  
czas mierzył wabaniami wahadeł. Ga-  
lileusz zaś ciężarem wody z obszernego  
naczynia przez dziurkę bardzo małą wy-  
ciekaiący. Obydwie miary dobre. Gdy  
bowiem z naczynia obszernego, pełnego  
wody, przez dziurkę szczupłą woda cie-  
cze, wysokość wody w przeciągu kilku  
minut, w żaden sposób znacznie się nie  
zmniejsza, ale wierzch ię prawie zgo-  
ła nieporuszenie stoi, ani się zniża, gdyż  
owa

owa cząstka, która w tak małym czasie wypływa, jest bardzo mała i nieznaczna względem całej wody. Ze zaś bieg wody z naczynia ciekący od ciśnienia ięty tylko pochodzi, łatwo każdy poznaie; to zaś ciśnienie zawisło od samey wysokości wody w naczyniu (Wstęp. Rozd. VII. § 16.) która to wysokość, gdy w kilku minutach prawie się nie odmięnia, iawna jest rzecz, że każda z osobna kropla wody, gdy wchodzi w dziurkę równą siłą przez cały tén czas do płynięcia pędzona bywa, a żadney zgola nie ma przyczyny, dla którejby jedna kropla prędzey wypływać powinna, niż druga. Zaczém wody tak wypływaiący jest bieg iednostayny, a przeto do mierzenia czasu zdany. Gdyż zważywszy wodę we dwóch małych iakichkolwiek przeciągach czasu wyciekłą, pewna jest rzecz, że te czasy są w stósunku ciężaru wody. Używszy nawet przy tych doświadczeniach wahadła, postrzeżemy, iż liczba małych wahań wahadła jest zawsze w stósunku z ciężarém wody, przez tén cały czas w którym wahadło kołysało się wyciekły. - Węc i, czas tak się zawsze ma iak liczba wahań małych, jest wedwójnasób większy od czasu, w którym toż wahadło daie trzy wahania. Zaczém każde z osobna wahanie bardzo małe tegoż samego wahadła równie trwa, a zatem



tém czas należyćie przez nie dzielić możn<sup>a</sup> na równ<sup>e</sup> częsci.

## § VI.

Zerzut  
przeciwko  
doświad-  
czenióm  
Ricciola.

Gdyby doświadcz<sup>e</sup>nia Ricciola czynio-  
ne były na miejscu wolném od powie-  
trza, tedyby w r<sup>a</sup>wd<sup>e</sup>le dowodziły grun-  
townie, że biegi od ciężkości pochodzą-  
ce są jednostajnie przyspieszone, (§ 3.)  
i że nasz<sup>e</sup> przypuszczenie jest prawdzi-  
w<sup>e</sup>. (Rozd: III. § 7.) Lecz że w po-  
wietrzu czynn<sup>e</sup> były st<sup>o</sup>sunek postrze-  
żony między wysokościami spadania, zda-  
ie się iż znacznie powin<sup>e</sup>n być inny,  
niż jest t<sup>e</sup>n, który znajduiemy na miej-  
scu wolném od powietrza; chocia<sup>z</sup> bo-  
wiem opór powietrza, gdy ciała zna-  
cznie ciężkie spadaia jest pospolicie ma-  
ły, przecię<sup>z</sup> c<sup>a</sup>le znaczny postrzegamy  
przy spadaniu ciał lekkich z wielki<sup>e</sup>y wy-  
sokości, iakie są kule krecian<sup>e</sup> (§ 2.)  
Sam Riccioli spuszczaiać kulę ołowianą o  
2  $\frac{1}{2}$  uncych, raz<sup>e</sup>m z kulą ołowianą o 2 un-  
cyach z wysokości 280 stóp Rzymskich, po-  
strzegł, że ołowiana jużina ziemię upa-  
dła gdy kreciana jeszcze o 25 stóp od zie-  
mi była. Bo ieżeli na przykład opór po-  
wietrza zmniejszył t<sup>e</sup>ż samę wysokość  
kuli ołowianej w tymże samym czasie  
na 2 stóp Rzymskich a t<sup>e</sup>nże sam opór  
powietrza zmniejszył samę wysokość kuli  
ołowianej w tymże samym czasie na stóp  
27, a zat<sup>e</sup>m różnica oporu tego była 25  
stóp Rzymskich; więc gdyby kula oło-  
wia-

wiana spadała w wolnym od powietrza miejscu z téżże samej wysokości i w tymże samym czasie, a kula kreciana gdyby spadała z téżże wysokości i w tymże samym czasie w miejscu powietrznym, różnica wysokości ich spadku w tymże samym czasie z oporu powietrza pochodząca, byłaby 27 Stóp Rzymskich, którego w tym czasie kula ołowiana nie miała. Ponieważ zaś kula ołowiana w miejscu wolnym od powietrza spadając z takiej wysokości i w tymże samym czasie, nieco by głębiej spadła, przeto oporem powietrza zmniejszona była wysokość spadania więcej niż na 25 stóp Rzymskich.

## § VII.

Żeby tedy co pewnego z doświadczenia Ricciola wniesć można było, trzeba zważać naprzód że bieg ciał wolnie spadających jest bardzo prędki, a zatem trzeba używać nader wielkiej pilności w dostrzeganiu czasów, jeżeli chcemy należyście porównywać miejsca i czasy w spadaniu ciał. Tę zaś pilności, że nie ze wszystkiém dokładnćm użył Riccioli, pokazują się to, porównywanie jego doświadczenia iedne z drugićmi. Jeżeli bowiem kula kreciana o 8 uncjach w powietrzu spada zupełnie przez 10 stóp Rzymskich, w czasie 5 kołysnień wisadła, takąż kula spadac powinna przez 15 stóp

Doświadczenia Ricciola nie są zupełnie dokładne.

stóp Rzymskich, w czasie  $6\frac{3}{5}$  tegoż wahadła, jeżeli miejsca są w stosunku dwumnożnym czasów; gdyż jest to:  $15 = 25$ ;  $37,5$ ; a  $37,5$  jest kwadratem bliższej liczby  $6,12$ . Spadła zaś kula podług Ricciola przez 15 stóp Rzymskich w przeciągu 6 kołysnień. Podobnymże sposobem tak kula przez 240 stóp Rzymskich spadać powinna nie w przeciągu 24 jak Riccioli postrzegł, ale blisko  $24\frac{1}{2}$  wahanach na jego wahadle. 'Jasną tedy jest rzecz, że stosunek między miejscami i czasami czyniąc doświadczenia w powietrzu jest tylko blisko, prawdziwy, gdyż Riccioli samemi liczbami całkowitemi go wyraził; a ułamki liczb całe opuścił.

## § VIII.

Bardzo do-  
wodliwą  
jest rzecz,  
że stosunki  
wysokości  
spadania  
ciał od Ric-  
ciola po-  
strzeżone  
nawet na  
miejscu  
wolném od  
powietrza  
prawdzą  
są.

Powtórę łatwo wyrozumiewamy, że stosunek między wysokościami w spadaniu oporem powietrza bardzo mało się odmiienia lubo same odległości znacznie odmianie podlegają. Dajmy bowiem że jedna kula kreciana przez 10, drugą równą przez 20 stóp wolnie w próżni spada. Dopuszczmy dalej, że owa pierwsza kula, gdy w powietrzu spada, przez tenże sam czas, tylko przez 9 stóp swoją mocą leci, tak dalece, że wysokość w jej spadaniu oporem powietrza zmniejsza się na jedną stopę. Jawną jest rzecz że prędkość kuli przez 20 stóp spadającej, przy końcu spadania, większa jest od prędkości ku-



li drugi, którą przez 10 stóp spada. Że zaś opór powietrza gdy inne okoliczności są równe z prędkością ciał spadających pomnaża się, (Rozd. X. § 25.) następuje koniecznie, że i druga kula, gdy w powietrzu spada, więcej niż iedną stopę wysokości traci, dla oporu powietrza, pozwólmy tedy, że traci dwie stopy, a będzie stósunek między wysokościami w powietrzu  $= 9:18$  ténże samo i w próżni  $10:20$ . Zaczém tém sposobém stósunek między wysokościami całe się nie odmiénił przez opór powietrza. Ale choć dopuścimy, że druga kula mniéy lub więcej z wysokości straciła, iednakowoż będzie stósunek między wysokościami spadania w powietrzu  $= 9:18 + x$ , a różnica  $x$  między tą ostatnią wysokością, i między 18, tak mała, iż ciała do iéy przebieżenia całego kołysnięcia nie potrzebuia. Zaczém gdy Riccioli części wahań osobnych opuścił, łatwo się pokazuje, iż stósunki przez postrzegania wynalezioné, albo zupełnie téż same bydz powinny z stósunkami, które w próżni mieyscé mają, iako téż od nich bardzo mało odstepuia.

## § IX.

Taź prawda potwierdza się przez inne doświadczenia w Londynie na wysokim Kościele S. Pawła czynioné, gdzie czasu dostrzeżono z większą dokładnością, Toż samo i inne doświadczenia potwierdzają.

ścią niż to uczynił Riccioli: w roku bowiem 1710 wiele kul szklanych żywém srebrem napełnionych ciężaru prawie dwóch uncyy z wysokości 220 stóp Londyńskich spuszczone; Roku także 1719 - spuszczone kule ołowiane o 2 prawie funtach z wysokości 272 stóp żywém srebrem napełnione, które spadły, w przeciągu czasu trochę mniejszym, niż 3,"7; ołowiane zaś prawie w 4,"  $\frac{1}{2}$  (Newtona Filozof. Natu. Począt. Mat. Xię. II. Pod. XL.) kwadrat zaś liczby 3,7 jest 13,69, a 220: 272 = 13, 69: 16, 92. blisko. Ze zaś pierwiastek kwadratowy liczby 16,92 jest 4,1 blisko, a kule ołowiane spadły z wysokości 272 stóp w 4," 25 prawie, iasną jest rzecz, że w samęj istocie prawie zupełnie są w stósunku kwadratów z czasu, i owa różnica mała między 4," 1, i 4," 25, tylko od oporu powietrza pochodzi, przez który kuli ołowiane, iako z daleko większey wysokości spadające, bieg bardziey się zpóźnił, niż kuli żywém srebrem napełnionej.

## § X.

Można jeszcze oczywistej pokazać, że owe małe uchybienie stósunku między wysokościami w powietrzu, od stósunku między kwadratami czasów, z oporu powietrza pochodzi. Dajmy bowiem, że kula w miejscu od powietrza i w Anglii

głii spada na jedną sekundę przez  $15\frac{1}{12}$  stóp Paryżkich blisko, (§ 2) albo przez 16,07 stop Londyńskich (\*) idzie stąd koniecznie, że taż kula w próżni spadać powinna tamże we 3," 7 przez 220 stóp Londyńskich a przez 272 stop Londyńskich w przeciągu 4," 1, jeżeli miejsca w próżni przebieżone są dokładnie w stosunku kwadratów z czasu; gdyż jest 16,07: 220 = 1: 13,69, liczba zaś 13,69 jest kwadratem liczby 3,7. A że jest 16,07: 272 = 1: 16,92, to jest: tak 1 do kwadratu liczby 4,1; zaczęm gdy kulę w powietrzu spuszczamy; żeby swą mocą spadała; przeciąg czasu; w którym 220 stóp Londyńskich przebiega, zawsze jest większy od 3," 7, a czas w którym 272 stop Londyńskich ulatuje, większy od 4," 1, bo ię bieg zawsze się zmniejsza przez opor powietrza, wprowadzie owo przybywanie powietrza tém większe być powinno, im gatunkowo lżeysza kula i im większa jest wysokość, gdy inne okoliczności są równe. Co też doświadczenia Londyńskie okazują. Gdyż kula żywem srebrém napełniona bardzo mało więcej zabrała czasu w spadaniu, niż 3," 7, kula zaś ołowiana w przeciągu 4," 1 spadła, a zatem powiększenie czasu w ję spadaniu znaczniejsze było, bo ołów gatunkowo lżeyszy jest od żywego

cale iedno-  
staynie  
przyśpie-  
sza się.

(\*) Stopa Paryżka od Londyńskiej jest tak  
1,00575: 1.

go srebra, i wysokości spadania kuli z żywym srebrem. Zaczęć bardzo dowodliwie następuje, że wysokości spadania w próżni są dokładnie w stosunku kwadratów z czasu, która to prawda i doświadczeniami Galileusza potwierdza się, o których potem mówić będziemy.

## § XI.

Co jest  
prędkość  
do jakiej  
wysokości  
należąca i  
jak ją wy-  
naleźć?

Wszystkie tedy prawdy, któreśmy wyżej okazali mówiąc ogólnie o biegu iednostajnie przyśpieszonym, mają miejsce i w spadaniu wolnym ciał w próżni, że zaś bez wątpliwości każde ciało podług doświadczeń we Francyi czynionych na miejscu bezpowietrznym wolnie spada, w przeciągu iednej sekundy przez  $15\frac{1}{2}$  stóp Paryzkich, (§ 2.) przykłady wyżej dane, (Rozd. IV. § 11. 12. 13.) do spadania ciał w próżni bardzo łatwo jest przystosować. *Wysokość* zaś do *jakiej prędkości wyznaczony* należąca, jest ta, przez którą ciało w próżni spadać powinno, żeby do danej prędkości przyszło. Jest zaś takowa prędkość  $p = 2\sqrt{ms}$  (Rozd. IV. § 13.) gdy  $m$  znaczy wysokość miejsca do prędkości  $p$  należącej,  $s$  zaś liczbę stóp Paryzkich, przez które ciało spada z miejsca spoczynku w próżni w pierwszemy sekundzie. Oznaczają się zaś tym wyrazem prędkość  $p$  przez liczbę stóp Paryzkich, przez które ciało daną prędkością przebieść może iednostajnie



nie w przeciągu iednéj sekundy. Także przeciw nie, gdy dana jest wysokość  $m$  nazywając się  $p$  prędkością do wysokości  $m$  należącą.

## § XII.

Gdy jakieś ciało w powietrzu wolnie spada, czas spadania z danéj wysokości albo wysokość z danégo czasu dokładnie określona być nie może, chyba przez rachunek bardzo trudny, czego na tém miejscu przyczyny wyłożyć nie możemy. Iecz niekiedy dosyć jest choć nie dokładnie poznać wysokość z danégo czasu spadania. Spuszczamy na przykład kamień w głęboką studnię albo w loch, i dostrzegamy czasu, w którym kamień zaczyna się spuszczać, i w którym na dno upada. Z tego przeciągu czasu jak najdokładniéj dostrzeżonégo, można doysć blisko prawdziwie, jaka jest głębokość studni albo lochu w tén sposób. Doświadczenia Londyńskie nauczają, że przywiększa kula ołowiana spada w powietrzu, w przeciągu  $4\frac{1}{4}$ " przez 272 stóp Londyńskich, albo przez 255 Paryzkich. (§ 9.) Doświadczenia zaś Ricciola pokazują, że wysokości spadania, które nie są więk-sze od 200 stóp Paryzkich blisko, prawie zupełnie są w stósunku kwadratu z czasu. Zaczém przywiększa kula ołowiana w powietrzu spada, w czasie  $4\frac{1}{4}$ " przez 226 stóp Paryzkich. Iecz podług Ricciola prawie w jednakowém spadaniu,

wy-

Samowolne spada-  
nie ciał  
dokładnie  
określone  
bydź nie  
może, dla  
oporu po-  
wietrza, ie-  
dno przez  
rachunek  
bardzo tru-  
dny.

wysokość kuli kręcianey oporém powietrza niemal 25 stopni i Rzymskiemi lardziey zmniejszoną została, niż wysokość spadania kuli ołowianej (§ 6.) Jest bowiem stopa Rzymska do Paryzkiej prawie, jak 11: 16, a zatem wysokość 280 stóp Rzymskich równa się 192 blisko stopóm Paryzkim. Zaczem kamień polysolity przywieszszy okragły, z kretą prawie jednakową ciężkość mający, spada w przeciągu 4," z wysokości niemal 20 stopniami mniejszey, iak jest, która, w tymże samym czasie większą kula ołowianą przebiega w powietrzu. Więc takowa kula spada w powietrzu z miejsca spoczynku, w przeciągu 4," przez 206 stóp Paryzkich blisko, w przeciągu 3," przez 116 stóp Paryzkich prawie i t. d. Stąd tedy łatwo mierzymy bez nie wielkiego uchybienia głębokości, które nie wiele przechodzą, albo mało co nie dochodzą, 200 stóp Paryzkich. Niech all owiem kamień spada n. p. przez  $3\frac{1}{2}$ ," będzie kwadrat liczby 4, do kwadratu liczby  $3\frac{1}{2}$  czyli 16:  $12,25 = 206$  do głębokości szukaney. Ta więc głębokość jest  $= \frac{12,25 \cdot 206}{16} = 158$ . stopóm Paryzkim, ale gdy jest ona większa, opór powietrza tak się pomniejsza, że téy głębokości podług danego sposobu, bez znacznego uchybienia znaleźć nie można. W mniejszych nawet głębokościach, należy mieć wzgląd na to, iż

trze-

## O CIAŁ. CIĘŻ. RZUCO. 41

trzeba jakiegoś czasu, nim odgłos od uderzenia ciała na dnie n. p. studni pochodzący przyjdzie do uszu naszych i da nam się uczuć, a zatem w krótszym zawsze czasie kamień na dół upadnie, niż odgłos jego spadnięcia dójdzie do ucha.

## R O Z D Z I A Ł VI.

### *o ciałach ciężkich rzuconych.*

#### §. I.

Gdy kamień, albo jakie inne ciało na miejscu od powietrza wolném na dół prostopadle rzucamy z pewną prędkością n. p. CG; kamień ten podług tegoż samego kierowania spadać nie przestanie. Jeżeli tedy AC. wyraża czas w którym wysokość do prędkości CG. należąca (Roz. V. §. II.) wolném spadaniem z miejsca spoczynku wynurza się, kamień całe iednostajnym sposobem spadać będzie iak gdyby z owej wysokości z miejsca spoczynku spuszczone przez czas AC spadał, albo był rzucony prosto na dół z prędkością CG. gdyż tu nie idzie o to, iakim sposobem téj prędkości nabył, czyli to przez samowolné spadanie, czyli przez rzucenie. Poprzedziwszy tedy AK, przez punkt G prędkość kamienia w którymkolwiek punkcie czasu D, będzie = DQ, a wysokość od czasu rzucenia aż do D, a zatem w czasie CD. przebieżone będzie. CGDQ, słowem kamień pionowo do ziemi rzucony

Bieg ciał  
na dół rzu-  
conych.

Fig. 4

ny cale z tém przyspieszeniem leci, z którymby leciał sam wolnie spadając, ale po nabytęj prędkości równęj tęj, którą teraz rzuconym go na dół bydz' mniemamy.

## §. II.

Że kamień w górę wyrzucony doszedłszy do pewnéj wysokości, znówu na dół spada, o tém wszyscy wiedzą. Gdyż stale ma w sobie ciężkość choć w górę idzie, która go ustawicznie na dół pędzi, a nie ma się na czém utrzymać. Znajdzie się tedy w nim rzeczywiście dwoisty bieg, ieden w górę dążący, który zawisł od rzucenia, drugi na dół rzucony, który od ciężkości pochodzi, które to biegi że są na iednéj linii pionowéj i sobie w prost przeciwné, trzeba ieden od drugiego odiać, żebyśmy znaleźli bieg składany kamienia (Roz. I. §. III.)

## §. III.

Żebyśmy tedy własność biegu składanego należycie pojęli, dajmy że kamień w próżni do góry pionowo był wyrzucony. Niech będzie EK. prędkość rzucenia, a EA prostopadła do EK, znacząca czas, w którym ciało z miejsca spoczynku samowolnie w próżni spadając, w punkcie E, prędkości EK nabywa. Niech będzie ED = AB. toż CM = BN = DS = EK = AX, a linia KX. równoległa do AE. Poprowadźmy linią AK. przecinającą BN, DS. w punktach F i Q, a iawną jest rzecz że kamień dla

Iak oznaczyć mięscą które kamień w górę wyrzucony przebiegá.

Fig. 4.

opor-



oporności swojej zachować całą prędkość EK. w czasie DE. (Roz: III. §. II.) a zatem przebieży w górę w tymże samym czasie miejsce EKSD (Roz: IV. §. I.) Ze zaś ciało które samowolnie spadać zaczyna w czasie AB. przebiega w próżni miejsce ABF, i ED jest = AB, a KQS = ABF, idzie zatem, iż kamień wyrzucony 'wymierza razem drugim biegiem na dół pochodzącym od ciężkości miejsce KQS. w czasie ED. Odlawszy tedy jedno miejsce od drugiego, kamień w samy rzeczy biegiem złożonym idzie w górę, w czasie ED przez wysokość oznaczoną przez EKQD. a znowu w czasie EC. przez wysokość oznaczoną przez EKGC. a w czasie AE. przez miejsce EKA (Roz: I. §. III.) Co się tycze prędkości kamienia po skończonym czasie ED, iednego biegu taką jest prędkość, iż iednostaynie z nią bieząc, możnaby przebyć miejsce EKSD, w czasie ED; drugiego zaś biegu prędkością QS. można iednostaynie przebieść miejsce QeKS. w tymże czasie (Roz. IV. §. VIII.) Więc biegu składanego prędkość po wypłynięniu czasu ED taką jest, iż z tąż prędkością EDQe = EKSD = QeSK w czasie ED. Ze zaś w biegach iednostaynych prędkości są iak miejsca w różnych czasach przebieżone, będzie zatem prędkość biegu złożonego po wypłynięniu czasu ED, do prędkości rzucenia, iak prostokąt EQ do prostokąta ES. albo iak DQ do EK.

D

§. IV.

## §. IV.

Są tedy prędkości kamienia w próżni Bieg iedno- idącego w górę między sobą, na punktach  
stajnie czasu E, D, C, B. iak EK, DQ, CG, BF,  
opóźniony. to jest w różnych przeciagach czasu, róż-  
ownie ich ubywa, gdyż  $EK - DQ = eK = dQ = DQ - CG = CG - BF$  i t. d. Taki  
zaś bieg nazywa się *iednostajnie opóźnionym*  
a czas w którym cała wysokość oznaczo-  
ną przez AEK, w górę postępując prze-  
bieżoną bywa, jest AE, a zatem zupełnie  
równy czasóm samowolnego spadania  
z miejsca spoczynku przez AEK. Ciało  
tedy wyrzucone przebiegwszy wysokość do  
prędkości swęgo wyrzucenia należącą, na-  
tychmiast przez tęż wysokość nazad spada,  
i to w równym czasie iak w górę szło i  
do miejsca znowu powraca z którego  
w górę rzucone było. Miara więc pręd-  
kości w biegu iednostajnie opóźnionym,  
taż sama jest co i w biegu iednostajnie  
przyśpieszonym, lecz tylko w sposobie  
przeciwnym a tą jest podziałka prędkości.

## §. V.

Powietrze daleko bardzićy osłabia bieg  
ciała w górę idącego, niż spádającego na  
dół. Póki bowiem iakięgo ciała nie wiel-  
ką jest prędkość, póty prawie żadney od-  
mianie dla powietrza nie podlega, lecz gdy  
prędkości są wielkie, powietrze swym  
oporem znacznie ich osłabia (Wstęp Roz. I.  
§. 25.) Ciała zaś spádającego prędkość  
przy

Powietrze  
ciała w gó-  
re idącego  
bardzićy  
się opiera,  
niż spád-  
ającemu.

przy samym końcu jest wielka, a zatem przy końcu tylko znacznie się odmienia, a nie z początku. Ciśnionego zaś w górę ciała daleko jest inny stan, gdyż bieg swój zaczyna z wielką prędkością, a zatem znacznie też wiele traci z swego biegu zaraz na początku przez opór większy powietrza, i tę stratę utrzymuje w dalszym biegu przez oporność swoją. Przeto ciało wolnie samo przez się z pewnej wysokości w powietrzu spadać, taż samą prędkością, której spadając nabyło, do téż samej wysokości, z której spadło, znowu podnieść się nie może.

## §. VI.

Gdy jakieś ciało prosto w górę wyrzucamy, na miejscu bezpowietrznym, a to w przeciągu na przykład 8" znowu spada na toż miejsce, z którego wyrzucone było, pewna jest rzecz, że przez 4". szło w górę a przez 4" na dół spadało (§. 4.) a zatem doszło do wysokości  $241\frac{1}{3}$  stóp Paryzkich (Rozd. IV. §. 11.) Ale gdy się to dzieje w powietrzu, nie możemy tak doskonale określić wysokości do której wyrzucamé bywaia kamięnie n. p. z gór ognistych, z dostrzeżonego czasu, przez który idą w górę i na dół spadaia. Bo takowe biegi w powietrzu znacznie odstępuią od tego prawa, któremu w próżni podlegaia, najbardziej zaś gdy prędkość jest wielka, z którą ciała idą w górę. Sam też

Mając dany czas podniesienia i spadania ciała, nie można dokładnie stąd wyaleźć wysokości do której to ciało doszło.

kształt ciał w téj mierze wiele odmiany  
sprawuie.

### §. VII.

Rzutnia  
(Trajekto-  
ria), iaki-  
go ciała u-  
kośnie wy-  
rzuconego

Fig. 5.

Jeżeli ciało podług innego iakięgo kie-  
runku wyrzucamy w próżni, a nie linią  
pionową, doświadczenie naucza, że to  
z wolna coraz bardziej ku ziemi się po-  
chyla a wreszcie na ziemię upada. W ta-  
kim razie przebiega większą linią, którą  
rzutnią ciała nazywamy. Rzuciwszy al-  
bowiem ciało A, w próżni ku E, możemy  
myślać sobie wystawić, iż linią pionową  
AB, ma bieg postępný tak, że każdy z oso-  
bna ięć punkt bieży nie przestannie ku EH  
bynaymnięć nie odmięniając prędkości  
rzucenia; i że punkt iaki fizyczny z miey-  
sca spoczynku spada przez linią AB, i ra-  
zém z tą linią postępuje ku E. Że bo-  
wiém każdy z osobna punkt linii AB bieg  
postępný mającý cale równie bieży (Rozd-  
II. §. I.) punkt fizyczny spadający na któ-  
rémkolwiek mieyscu linii AB stałą prę-  
dkością rzucenia porywany bywa ku EH,  
zaczém w tén sposób biędz będzie iak  
gdyby téj prędkości przez rzucenie nabył.

### §. VIII.

Ciało cięż-  
kie w pró-  
żni rzuco-  
né Równo-  
rzutnią  
kręśli.

Fig. 5.

Dámy, że prędkość rzucenia iest taká,  
iż w pewnym czasie c może ciało iedno-  
stajnie tąż prędkością przebiędz drogę AC,  
dámy jeszcze że linią  $CD = DE = AC$ ,  
a iawná iest rzecz, iż linią AB, po wy-  
płynionym czasie c, będzie na CF, po wy-  
płynio-



wypłynionym  $2c$ , na  $DG$ , po wypłynionym  
 $3c$  na  $EH$ , i t. d. i że linie  $AB$ ,  $CF$ ,  $DG$ ,  
 $EH$ , są od siebie równoodległe (Roz. II.  
 §. I.) Gdy tedy punkt fizyczny prędko-  
 ścią swoją w czasie  $c$  z miejsca spoczyn-  
 ku w próżni spada z  $A$  na  $P$ ; w czasie  $2c$   
 z  $A$  na  $Q$ ; w czasie  $3c$  z  $A$  na  $R$ ; popro-  
 wadziwszy  $PI$ ,  $QK$ ,  $RL$  od linii  $AE$  ró-  
 wnoodległe do linii  $CF$ ,  $DG$ ,  $EH$ , będzie  
 $AP = CI$ ,  $AQ = DK$ ,  $AR = EL$ , a punkt  
 biegiem swoim złożonym przychodzi po  
 wypłynionym czasie  $c$  na  $I$ ; po  $2c$  na  $K$ ,  
 a po  $3c$ , na  $L$ . Są zaś wysokości  $AP$ ,  $AQ$ ,  
 $AR$ , zawsze iak kwadraty czasów w któ-  
 rych przebieżone bywają biegiem przy-  
 śpieszonym (Roz. V. §. X.) a czasy  
 w stosunku linii  $AC$ ,  $AD$ ,  $AE$ , wyrażają-  
 cych miejsca biegiem jednostajnym prze-  
 bytę (Wstęp Roz. XVI. §. V.) Zaczęć  $AP$ :  
 $AC$ , albo do  $PI$ .  $PI$  jest w jednym stó-  
 sunku czasu, który się równa stosunkowi  
 $AQ$  do  $QKQK$ , i t. d. Przeto punkt fizyczny  
 przebiega równorzędną  $AIKL$ . Tak  
 się albowiem nazywa linia krzywa w któ-  
 réy każda z osobna część linii  $AB$ , zaczy-  
 nając od  $A$ , iako to  $AP$ ,  $AQ$ ,  $AR$ , które się  
 odcinkami (abscissa) nazywają, są w stó-  
 sunku kwadratów linii równoodległych  $PI$ ,  
 $QK$ ,  $RL$ , odpowiadających odcinkom, któ-  
 ré to linie odpowiadające zowiąmy *przy-  
 stawami* (applicata albo ordinata) Odcinki  
 zaś i przystawy iednym nazwiskiem zowią  
 się *współuszykowanemi* (coordinatæ).

## §. IX.

Im z większą prędkością punkt ciężki rzucamy od A ku B, tém równorzutnią, którą tenże punkt przebiega między odstępnie od linii prostey AE. Dajmy bowiem, że n. p. prędkość rzucenia jest we dwoie większa od téy któraśmy pierwéy wzięli, iasna jest rzecz, iż linia AB, w czasie c, w którym punkt spadł na P, teraz przechodzi przez AD. Zaczén punkt ciężki powypłynionym czasie c, będzie na M. Przypuściwszy, że  $DM = AP$  i rzutnią przez ow. punkt M przechodziącą daleko muiéy odstąpi od linii prostey AE, niż AKL. Stąd wyrozumiewamy dla czego kula z pistoletu wystrzelona, zdaie się iśćz linią prostą, gdy mierną jest odległość. Wszelako linia, którą jest droga kuli, nie jest zupełnie prostą, ale ku ziemi nieco skrzywioną.

## §. X.

Droga ciał gęstych i bardzo ciężkich, gdy ié mierną siłą rzucamy w powietrzu nawet nie wiele od równorzutni odstępnie. To się prawniżi oczywiscie na wodzie białej w górę w funtannach, która należyćie dokładną równorzutnią oznacza, bądź że wytryska z rury poziomey, bądź z położonéy ukośnie w górę białe. Ale gdy prędkość rzucenia jest bardzo wielką, bieg AE, oporém powietrza; bardzo się osłabia i miejsca AC, CD, DE. w równych czasach przebieżoné, nie są równé, ale coraz bar-

Rzutnią ciał w powietrzu wyrzucanych częstotnie jest równorzutnią.

bardziej się zmniejszaia. Stąd każdy wyrozumiećwa, że w tym razie rzutnia, nie może być równorzutnią, ale innę krzywości ma w sobie. Wczém téż nas przekonywaią doświadczenia przez strzelanie z  $\text{fig. 5.}$  Postrzeżono albowiem, że rzutnia  $\text{fig. 5.}$  przywieszszych dość znacznie się różni od równorzutni.

## §. XI.

Kierowność punktu, który równorzutnie przebiega na którymkolwiek iéy miejscu  $\text{fig. 6.}$  albo  $\text{L.}$  jest taż sama którąby miała styczna w owém miejscu. Można by tego dowieść z własności równorzutni, lecz łatwiej i ogólniej się to pokazuje w następujący sposób. Niech będzie blacha DBE nieruchomą, i iakożkolwiek krzywą, obwiniętą nicią, której koniec E tak ustawicznie ciągniemy, aby się, nic powoli odwiłała. Wystawmy sobie w myśli że ta nic n. p. od punktu B ciągniona jest ku C, a będzie jedna część téy nici obwinięta około DB części blachy DBE, a reszta iéy BC, będzie stycznią blachy DBE w punkcie B.

Kierowność punktu biegiem swoim linią krzywą kręślącego jest styczna do téy linii krzywej w owém miejscu w którym punkt na ten czas znajduje się.

Fig. 6.



## X I E G A II.

*o Sile ciężkości.*

## R O Z D Z I A Ł I.

*o biegu ciał ciężkich na płaszczyznach pochytych.*

## §. I.

Ciało ci-  
snąc po-  
wierzchnię  
prosto-  
padle, nie  
może mieć  
żadnego  
ruchu po  
tęży pow-  
ierzchni  
od ciśnię-  
cia pocho-  
dzącego.

Ciało ciężkie na płaszczyźnie pozio-  
męj tegiey i nie ruchomey położone ciśnie  
wprawdzie ciężkością własną płaszczyznę,  
ale dla téżże ciężkości tam biegu mieć nie  
może. Ze bowiem kierunek ciężkości  
jest podług linii pionowey do płaszczyzny,  
z tąż płaszczyzną na wszystkie strony  
równie czyni kąty, tak dalece, że żadney  
nie ma przyczyny, dla którejby ciało szło  
ku téy raczey stronie płaszczyzny, niż ku  
innéy. Sama płaszczyzna wprowadzi-  
razem z ciałem powinaby prosto na dół  
spadać, lecz gdy jest nieruchoma, odporem  
swoim gubi całe działanie ciężkości. Nau-  
czają nas téy prawdy niezliczone doświad-  
czenia bardzo potoczne. Widzimy bo-  
wiem, że wszystkie ciała ciężkie na ruch-  
liwsze nawet, spoczywają na miejscu,  
gdy są położone na powierzchniach pozio-  
mym, a to iak powiedzieliśmy, nie dla  
innéy przyczyny, tylko że kierowność cięż-  
kości jest prostopadła do tychże powierzchni.

## §. II.



## §. II.

Lecz na tablicach pochyłych czyli do płaszczyzny pozioméj pod pewnym ką-  
tém nachylonych ciała na dół spadają cięż-  
kością własną, które to spадanie abyśmy  
nałężycie zrozumieli, niech AK będzie ia-  
ki pręcił prosty, tęgł i nieruchomy, do li-  
nii pozioméj AB pod kątém KAB nachylo-  
ny, D zaś punktém jakiégó ciała ciężkiégó,  
ktory położono na linii AK; łatwo zrozu-  
mieć, że ciężkość tego punktu D, pędzi go  
na dół ku linii DE, tak dalecę, iż gdyby  
nie było zawady, spadałby w saméj rze-  
czy przez pionową DE, w czasie pewnym  
c. Tén zaś bieg DE, iako prostokręślny  
albo prostodrożny (rectilineus) może bydź  
rozdzielony na dwa inné biegi, DF, DG,  
to iest na iedén prostopadły do linii AK,  
a na drugi od téjże równoodległy. (Xię.  
I. Rozd. I. §. VIII.) Bo ciężkość tym spo-  
sobém wywierá się na punkt D, iak gdyby  
ciało pędziła w czasie c, razém przez  
linią DF i przez linia DG. Lecz że punkt  
D iest na linii AK nieruchoméj i tęgłéj,  
drugi bieg DF, dla odporu téj linii ze  
wszystkiém ginie, że bowiém tego biegu  
kierunek iest pionowy do linii AK, idzie  
stad koniecznie, iż gdyby sam iedén tén  
bieg był w punkcie D, tenże punkt nie  
przebiegałby linii AK, aleby został na  
miejscu. Zaczém w punkcie D, sam  
bieg drugi DG. pozostaie się, ktorym bez  
za-

Czému cia-  
ła na tábli-  
cy pochy-  
léj na dół  
ciężkością  
swoją spá-  
dają?

Fig. 7.

Tab. II.

## XIE. II. ROZDZ. I.

żadnej przeszkody spada ku A, gdyż tu uważamy, iakoby żadnego tarcia, ani oporu od powietrza zgoła nie było.

### §. III.

Ponieważ linie DG, czyli EF i AK tak iak i linie DE, KB są względem siebie równoodległe, a przy G i B są kąty proste, zaczęm trójkąty DGE, ABK będą podobne. Jest tedy bieg spadania po płaszczyźnie, do biegu samowolnego spadania czyli DG:  $DE = KB: KA = \text{wst } A: 1$ . A że DG jest tém większe od DE, im wstawa kąta A jest większa od 1, czyli promienia, więc bieg na płaszczyźnie pochyłej, tém większy będzie, im kąt téj pochyłości jest większy. Ta prawda bardzo wiele doświadczéniami dostatecznie się potwierdza, niektóre z nich w Wstępie do Fizyki (w Roz. V. §. 5.) dokładnie wyłożyliśmy.

Fig. 7.

### §. IV.

Ponieważ obadwa biegi pojedyncze DG, DF, podobne są biegowi składanemu DE, (Xigg. I. Rozd. I. §. 8.) więc wniesć stąd należy że punkt spadający po równi pochyłej AK, spada biegiem jednostajnie przyspieszonym. Dajmy tedy, że on w tymże samym czasie c spada przez DG, w którymby wolnie spadał przez DE, i przypuścmy, że téż sam punkt w czasie D spada przez KA, a że w biegach jednostajnie przyspieszonych, miedysca prze-

Czas w którym ciało ciężkie przebiega płaszczyznę pochyłą, jest do czasu w którymby wolnie spa-

## QBIE. CIAŁ CIĘŻ. NA PŁA. POCH. 59

przebieżone są w stósunku kwadratów z czasów na té biegi łożonych, będzie zatem  $DE:KB::c^2:C^2$ , i znowu  $AK:GD=D^2:c^2$  czyli  $DE.AK:KB.DG=c^2.D^2:C^2$ . A że było w §. poprzedzającym

$DE:DG=KA:KB$ ; to jest  $DE \cdot KB = DG \cdot KA$

mnożąc więc przez te ostatnie ilości następniaka i poprzedniaka powyższéj proporcyi  $DE.AK:KB.DG=D^2:C^2$  będzie  $AK^2 KB^2 = D^2 C^2$  czyli  $KA:KB=D:C$ , to jest czasy które punkt łoży na przebieżenie równi pochytey i wysokości tęże równi są w stósunku tęj długości do wysokości.

### §. V.

Prędkość  $p$ , punktu na płaszczyźnie pochytey ciężkością swoją z punktu  $K$  na  $A$  spadającego w czasie  $T$  po wypłynięciu rzeczonego czasu, jest taka, iż w tymże czasie  $T$ , biegiem iednostaynym punkt przeyschymógł  $\frac{1}{2}KA$ . (Xięg. I. Rozd. IV. §. 10.) a prędkość  $P$  punktu danego wolnie z  $K$  na  $B$  spadającego w czasie  $C$  po wyszłym tym czasie, jest taka, że w tymże czasie  $C$ , biegiem iednostaynym mógłby punkt przebieść miejsc  $\frac{1}{2}KB$ . Lecz w biegach iednostaynych prędkości są w stósunku prostym miejsc, a w odwrotnym czasów (Wstęp. Rozd. XVI. §. 6.

$\frac{1}{2}KA. \frac{1}{2}KB.$

Zaczém jest  $p = \frac{T}{C} \cdot P$  Że zaś jest

dało przez  
wysokość  
tężę  
płaszczyzny  
jak długość  
czyzny do  
tęj wysoko-  
ści.

Prędkość  
w spadaniu  
przez  
płaszczyznę  
iakoż  
kolwiek po-  
chyte od  
wysokości  
spadania  
zawisła.

T: C = KA: KB = 2KA: 2KB. (§ IV.) idzie stąd, iż jest  $p = P$ . Zaczém punkt ciężkości swola przez jakąkolwiek płaszczyznę pochyłą KA spadający, przy samym końcu spadania A, też samę ma prędkość, któryby nabył, gdyby samowolnie spadł z wysokości KB, która to wysokość jest wysokością płaszczyzny pochyłej AK.

## §. VI.

W kole, którego szrodek jest C, poprowadziwszy szradnicę AB, styczną BD, i cięciwę AG, która by przeciągnięta zbiegła się z styczną na D, trójkąty ADB, i AGB, dla kątów AGB, i ABD prostych będą podobne. Przeto  $AD: AB = AB: AG$ , skąd  $AB^2 = AD \cdot AG$ , i  $AB^2: AD^2 = AD: AG$ :  $AD: AD = AG: AD$ . Zaczém tak ustawimy koło, żeby AB była pionową, styczną BD poziomą, przypuściwszy, że taki punkt ciężki przez cięciwę nieruchomą AG, z miejsca spoczynku spada ciężkością własną, łatwo się okazyuje, że to spадanie

Fig. 8.

w tymże samym czasie odprawnie się, w którym punkt ciężki samowolnie spadłby z A na B. Jeżeli bowiem punkt z A przez G spada na dół aż na D, ponieważ biegiego jest iednostaynie przyspieszony, co się niżej ściśle okaże, będą kwadraty z czasów, w których AD i AG przebywa-  
ją się, iak  $AD: AG$ , (Xię. I. Rozd. IV. §. VII.) albo iak  $AD^2: AB^2$ . Zaczém same czasy są iak  $AD: AB$ . A że w tymże samym czasie



czasie i stósunku iest téż czas spadania przez AD, do czasu samowolného spadku przez AB. (§. IV.) Zaczém czas w którym cienciwa AG przebieżona bywa, iest równy czasowi samowolného spadku przez średnicę AB.

### §. VII.

Z tego co się dopiero okazało, wypada, że punkt ciężki, który przez jakąkolwiek koła pionowo stojącego cienciwy n. p. GB kończącą się w samym dole koła na punkcie B. ciężkością swoją spłi, potrzebuie do tego spadania takowegoż zupełnie czasu, w jakim przez średnicę pionową AB wolnie spada. Poprowadzmy bowiem z A cienciwę AE, od cienciwy GB równoodległą, a té cienciwy będą równe. A że AE przebieżona bywa w tymże czasie, który iest potrzebny do samowolného spadku przez AB. (§. VI.) Więc i GB. Zaczém do przebieżenia naykrótszý cienciwy na B kończący się, tyléż czasu potrzeba, ilé do przebieżenia naydłuższý; bo cienciwy tém się spadziśsze stają, im są dłuższe, punkt zaś ciężki z więkşzý spadziśtości prędzý leci niż z mnieyszý.

### §. VIII.

Jeżeli iaki punkt ciężki przez płaszczynę pochylą CA spada z miejsca spoczynku ciężkością własną, a linie proste HD, CO, BA są poziome, linie zaś DI, AO pionowe, tedy prędkość którą na iakiém

Wszystkie cienciwy iakiegokolwiek koła pionowo ustawionego, scho-dzące się w spodku tego, przebiegane bywają ciężkością w jednym że czasie.

Jakim sposobem prędkości punktu ciężkością własną po

miej-

płaszczyz-  
nie pochy-  
tę spada-  
jącego na  
każdém  
mieyscu  
tę płasz-  
czyzny  
wyzna-  
czyć.

Fig. 9.

mieyscu n. p. D, punkt mieć będzie, za-  
wiesnie od wysokości w spadaniu przez CD  
to jest od CH, (§. 5.) albo ID. Jeżeli zaś  
punkt na C, już miał jaką początkową  
prędkość p, ku A, trzeba wynaleźć wy-  
sokość CL do której prędkość p należy,  
(Xię. I. Rozd. V. §. 11.) i poprowadzi-  
wszy przez L linią poziomą LM, będzie  
pionową MD wysokością, do której nale-  
ży prędkość punktu spadającego na D.  
Przeciągnąwszy bowiem linią ML, żeby  
płaszczyznę AC przecinała na N, bieg  
punktu przez CA, prędkością początkową  
p, całe ténże sam jest, któryby był, gdyby  
ténże punkt, z mieysca spoczynku na N,  
spadł po płaszczyźnie NA. W tén czas zaś,  
jak dopiero widzieliśmy, prędkość jego na  
D do wysokości DM należałaby. Zaczém  
taż prędkość i teraz należy do téj wysoko-  
ści, gdy punkt z C, prędkością p spadać  
zaczyna.

### §. IX.

Punkt cięż-  
kości na  
płaszczyz-  
nie pochy-  
tę idzie  
w górę aż  
do téj wy-  
sokości, do  
której na-  
leży jego

Punkt który na C spoczywá, i stad  
ciężkością swoją spada aż do A, w czasie  
aż na mieyscu A ma prędkość p, należącą  
do wysokości OA, którąby przebić mógł  
jednostajnie w tymże czasie mieysce z AC.  
(Xię. I. Rozd. VI. §. 10.) Jeżeli tedy i ki  
punkt ciężki z mieysca A idzie ku O, prę-  
dkością p, tén punkt idzie wprawdzie  
w górę po płaszczyźnie AC, ale że jest  
ciężkim, pędzony jest razem na dół ku A  
od

odciężkości właściwy póki po tęg płaszczy-  
znie bieży. Zaczém takowy punkt ma  
dwoisty bieg, ieden iednostajny prędkością  
pku C z mieyscu A, (Xię. I. Rozd. III.  
§. 2.) drugi iednostajnie przyspieszony  
ku A pochodzący od ciężkości. Tamtym  
samym przechodziłby mieysce zAC, w cza-  
sie c, tym zaś przeszedłby mieysce AC,  
w tymże czasie. Zaczém odławszy miey-  
scu iedno od drugiego, wypadł, że punkt  
w samęy rzeczy przebiega mieysce AC,  
w czasie c i przeto wznosi się aż do C.  
(Xię. I. Rozd. I. §. 3.) A że w tym  
przeciągu czasu c, punkt w biegu iedno-  
stajnie przyspieszonym nabywa prędkości  
p, zaczém punkt na końcu czasu c, ma  
ieden bieg z prędkością p na dół, drugi zaś  
pierwszemu rowny w przeciwną stronę,  
to jest w górę. Zaczém w owęy chwili,  
o któręy czas c kończy się, bieg składany  
zupełnie ustaje, to jest, punkt w górę idź  
przestaje, że zaś ciężkość ustawicznie na  
ow punkt działanie swoje wywiera, więc  
punkt wraca się, i w tymże czasie c znówu  
spada aż na A, w którym do wysokości do  
któręy prędkość jego początkowa należała,  
był wyniesiony.

prędkość  
początko-  
wa, to jest  
taka, któ-  
ręby tém  
punkt na-  
był na  
koncu,  
gdyby  
spadał z rey  
że samęy  
wysokości.

Fig. 9.

### §. X.

Jeżeli punkt ciężki, prędkością począt-  
kową do wysokości AO należącą od A ustę-  
puje na C, tedy na którémkolwiek mieyscu  
A, B, na D ma prędkość k, która należy do wy-  
soko-

Wstępe-  
wanie punk-  
tu ciężkie-  
go na płasz-  
czyźnie

pochyliły  
zawsze  
jednostay-  
nie się  
opóźnia.

sokości ID, i ténże punkt ustępuje przez DC, w takowym czasie d, w jakim potem z C spadając powraca na D. Gdyby/bowiem prędkość jego większą była na D. n. p. należącą do wysokości DM, punkt wstąpiłby aż na N, w tym czasie w którym z N spadłby na D. A że wstępuje tylko do C, a nie wyżej, zaczęł prędkość jego nie jest większą od prędkości K. Tymże samym sposobem okazuje się, że nie może też być mniejszą. A ogólnie mówiąc łatwo wyrozumieć można, że bieg punktu wstępującego, jest jednostaynie przyspieszonym; ponieważ bowiem składa się ze dwóch biegów przeciwnych, więc ile wstępując, z biegu początkowego pomału ubywa, tyléż w drugim biegu od ciężkości pochodzącym przybywa. Tén zaś drugi jest jednostaynie przyspieszonym, to jest: w równych przeciągach czasu ustawicznie się pomnaża równemi częściami; zaczęł punkt wstępujący w równych czasu przeciągach, równé biegu swégo części ustawicznie traci, a zatém jednostaynie się spóźnia (Xię. I. Rozd. VI. §. IV.)

## §. XI.

Ze wszystkiego, co o spadaniu ciał ciężkich powiedzieliśmy, iasno poznać, że tu już większą już mniejszą siłą na dół pędzone bywają, podług różnicy płaszczyzn pochyłości. Gdyż ciało, całą siłą ciężkości spada, gdy nie ma przeszkody, lecz ta ciężkość część tylko siły swoiéj wy-

Siła iedno-  
stayná.



## O BIE. CIAŁ CIĘŻ. NA PŁA. POCH. 65

wywierá na té ciała, które po płaszczyznach pochytych spádaia, bo druga część siły ginie dla odporu płaszczyzny niewzruszone stojący. Każdy zaś widzi, że jeżeli dwie przyczyny tak działaią, iż bez przestanku w równym czasie równé biegi sprawuią, że mówię wtedy równémi siłami działaią. Zaczém, gdy bieg ciát prosto z góry na dół iako i przez płaszczyzny pochyte spádaiących jest iednostaynie przyspieszony, tak dalece, że ciężkość w tych ciałach ustawicznie sprawuié równé biegi, w równych czasie przeciagach, idzie zatém że taż ciężkość na rzeczone ciała iednakową siłę wywierá. Ze zaś biegi sprawione, a stąd i siła od której pochodzą, iednakiż zawsze maią kierunek, następuje stąd, iż ciężkość pędzi siłą *iednostayną*, tak ciała samowolnie spádaiące, iako też i té, które spádaią po płaszczyznach pochytych. Gdyż wszelka siła, której się ani wielkość, ani kierunek nie odmiénia, nazywá się *iednostayną*. A stąd się okazuié, że każda siła, która przez nieiaki czas, bez żadný odmiány stale jest równá i sobie podobná, przez tenże czas *iednostayną* byia.

### §. XII.

Jeżeli dwa biegi iednostaynie przyspieszone i równé  $B$  i  $b$  pochodzą w tymże czasie  $c$  od sił iednostaynych  $S$ , i  $s$ ; tedy té siły iednostayne są w stosunku

$B$

siły

Sily iednostayne są w stosunku

W prostym  
biegów  
sprawio-  
nych,  
a w odwró-  
tym cza-  
sów, w któ-  
rych te  
biegi są  
sprawione,

sily  $S$ , i  $s$ , są równé. Dajmy bowiem że bieg trzeci  $m$ , wyrównywiający summię  $B + b$ , w tymże czasie  $c$ , od sily iednostay-  
néy  $Z$  pochodzi, będzie więc  $Z = S + s = 2s$ ,  
iako też  $m = B + b = 2b$ ; to iest, bieg sily  
dwa razy większy, dwa razy iest wię-  
kszy. Podobnymże sposobém bieg troisty  
w tymże czasie  $C$  pochodzi od sily iedno-  
staynéy w tróynasób większy; we czworo  
większy od czworakiéy  $i$ ,  $t$ ,  $d$ ; słowém  
sily iednostayné ogólne są w stósunku bie-  
gów, które od tych sil w tymże czasie po-  
chodzą. Zaczém iezeli biegi  $B$  i  $D$  iako-  
kolwiek nierówné, w jednakowym czasie  
 $C$  od sil iednostaynych  $S$  i  $s$  pochodzą,  
będzie  $S : s = D : B$ . Lecz przypuściwszy,  
że taż sama siła  $s$ , sprawuie bieg  $d$ , w cza-  
sie  $c$ , ponieważ ten iest iednostaynie przy-  
śpieszony, będzie  $d : B = c : C$  (Xie. I. Rozd-  
III. §. 9. 10.) Zatem  $B = \frac{dC}{c}$ , więc  $S : s =$

$$D : \frac{dC}{c} = D : d, \text{ to iest: sily iednostayne}$$

ogólne są w stósunku prostym, biegów  
przez nie wzruszonych, a w stósunku  
odwrotnym czasów, w których wzman-  
kowane biegi od owych sil pochodzą.

### § XIII.

Różnica  
między si-  
łami (vis)

Siła zatem w tymże samym stósunku  
powiększa się, lub zmniejsza co i pręd-  
kość. Jako bowiem w biegu iednostay-  
nym,

nym, w którym jednakowā jest zawsze prędkość, taż prędkość bierze się w stósunku prostym miejsca a w odwrotnym czasie, tak i siła iednostayna i nieodmienna, jest w prostym stósunku wznieconégó biegu a w odwrotnym czasie. Jako zaś nieprędkość przebiega przeciąg miejsca, ale ciała bieg mając, przebiegają tenże przeciąg prędkością swoją, tak też nie dobrzebyśmy mówili, że sama siła, która jest nieiaką własnością tylko przyczyny działania, sprawuje bieg, ale sama przyczyna działająca i przytomna siła swoją bieg czyni; wszelką zaś rzecz, która swoją siłę wywiera na innę, od Mechaników nazywa się władzą, (potentia.)

## § XIV.

Jeżeli tedy całą siłę ciężkości, która iakikolwiek punkt w ciałach na dół pędzi, nazwiemy  $g$  i oznaczemy ją przez linią DE, będzie  $GD = g$ . Wst. A siłą, z którą ciężkość pędzi iakikolwiek na dół punkt ciała na płaszczyźnie pochylęj AK położonego. DE jest bieg samowolnego spadania w czasie  $c$ , a DG jest bieg iednostaynie przyśpieszony w tymże czasie na płaszczyźnie pochylęj (§ 2.) Toż gdy siły iednostayne są iak biegi w tymże czasie wszczęte, iawna jest rzecz, że i całą siła ciężkości, do téj części która spr-

Skład i  
rozkład sił.

Fig. 7.

wiele spadanie przez AK iest w tymże stosunku DE: DG. Stąd łatwo też poiąć, co iest sił skład i rozkład (virium compositio & resolutio.) Bo siły DG i DF czynią siłę złożoną DE: ta zaś rozdziela się na dwie pojedyncze siły DG i DF; słowem skład sił iednostaynych nie cō innego iest, iak łączenie się biegów prostodroźnych i iednostaynie przyspieszonych, które od tychże sił w tymże czasie pochodzą. Gdyby zaś dwóch ludzi ciągnęto iaki ciężar równemi siłami, ale w strony wcale przeciwne, tén ciężar nie mógłby mieć biegu, i w tym przypadku, i we wszelkim innym, w którym dwie siły równé a zupełnie sobie w kierowności przeciwne pędziły go, byłby w równoważności, iako mówiliśmy.

§ XV.

Jak za pomocą płaszczyzn pochyłych dochodzi my własności biegu ciał samowolnie spadających.

Fig. 7.

Zostaje ieszcze nam coś powiedzieć o sposobie, którym przez doświadczenia dochodzimy biegu ciał spadających po płaszczyznach pochyłych. Gdyż takowe doświadczenia nawet ku poznaniu samowolnego spadania ciał bardzo wiele pomagają; ponieważ bieg DG zawsze iest podobny biegowi DE, tak dalece, że wątpić nie można, iż i w samowolnym spadaniu iest iednostayne przyspieszenie, gdy już wiadomo z doświadczenia, że bieg spadania po płaszczyznach pochyłych iest iednostaynie przyspieszony.

Chcąc



## O BIE. CIAŁ CIĘŻ. NA PŁA. POCH. 69

Chcąc poznać przez doświadczenia bieg ciał na płaszczyznach pochytych, trzeba obracać ciała gładkie, i bardzo ruchome, także i pochyłą tablicę gładką, żeby się tarcie zmniejszyło ile bydl może. Bo nie tylko znaczne tarcie nie powinno bydl, ile nawet i opór od powietrza, jeżeli bieg spadania ciał po tablicach nachylonych dokładnie poznać żądamy. Opór zaś powietrza znacznie się zmniejsza, gdyż bierzemy kulę kruszcową znacznie ciężką względem powietrza, któraby pomału spadała. (Wstę. Roz. X. § 22. 23. 24. 25.) Że tedy zmniejszając wysokość płaszczyzny pochytej, spadanie może się stać bardzo powolne, iasno zrozumiewamy, iż takowe płaszczyzny są bardzo zdadne do poznania iaka jest własność biegu ciał spadających.

### § XVI.

Daleko łatwiej za pomocą płaszczyzn, n. p. tablic nachylonych i z daleko większą dokładnością, niż przez wolne spadanie ciał własność tego biegu postrzeżoną bydl może. Ponieważ bardzo dokładnie podzielić można drogę na tablicy, po której kula spada, i naznaczyć chwilę czasu, w których kula do podziałów dochodzi; gdy zaś przeciwnie ciało samowolnie spadając podziały na swęj drodze, która jest linią pionową, poczynione, przemii w nieiakię odległości,

Bieg spadania nylepię bydl może poznany za pomocą płaszczyzn pochytych.

ści, a postrzegacz nie będąc ich blizkim, ale albo z góry, albo z dołu na nie patrząc, nigdy ani wysokości, ani czasów, w których też wysokości przebiegane bywają, ze wszelką dokładnością dopilnować nie może. Ta trudność w dostrzeganiu, gdy ciała samowolnie pionowo spadają, tém się większą staie, iż ciało samowolnie spadając z wielką prędkością leci, i z daleko większą, niżby spadało przez płaszczyznę miernie pochyłą. Nad to tablica, na której raz są położone podziały, może być nachylona już więcej, już mniej, a zatem doświadczenie niezliczonemi, a oraz różnemi sposobami bardzo łatwo powtarzać można.

## § XVII.

Doświadczenie Galileusza.

Galileusz, iak już wyżej powiedzieliśmy pierwszy za wszystkich Filozofów, bieg spadania za pomocą płaszczyzn pochyłych zważał i niektóre prawidła, podług których takowy bieg dzieie się, odkrył. W doświadczeniach swych użył nieakiey Machiny, czyli silni z drzewa, długiey prawie na 12 łokci, a tylko prawie na ieden cal szerokiey, wydrążonéy, tak, że kula w niéy iak w rynnicy spadała. Ta rynna gładkim, pergaminem była wyłożona, a kula gładką mosiężną w niéy spadała. Pódnosił zaś Galileusz rzeczoną rynnę pod różnemi kątami nad płaszczy-

zną

zną położoną, ale zawsze miernie tylko, i tym sposobem znalazł mało sto razy, że w spadaniu miejsc przebieżone od początku, są w stosunku dokładnym kwadratów z czasu. Zaczem pewną jest rzecz i nie zawodną, że wszystkie ciała dla ciężkości mają bieg iednostaynie przyspieszony i że w nich ustawicznie przybywa biegu iednakowo w różnych czasu przeciągach.

## R O Z D Z I Á Ł II.

## o dzwigni (vectis.)

## § I.

Jeżeli dwa ciała razem samowolnie spadają w próżni (vacuum) tedy każda cząstka w obydwóch tych ciałach, w tymże samym czasie chwili zawsze ma iednakową prędkość, (Xię. I. Rozd. V. § 1.) Zaczem w obydwóch są biegi postępné, a tém samym w stosunku złożonym z miąższości i prędkości (Xię. I. Rozd. II. § 8.) Lecz że po upływie jakiegokolwiek czasu też sama w nich trwa prędkość, wypada stąd, że w tymże czasie, tak się mają te prędkości biegu ciał, jak ich miąższości; że tedy ciężkość ustawicznie działa siłą iednostayną, będą też siły, które wywierają ciężkość na oba té ciała, jak biegi w tymże

Co jest  
ciężar?

cza-

czasie w obu ciałach sprawione, (Roz. I. § XII.) a zatem w stosunku miąższości. Cała siła, którą ciężkość wywiera, bez przestanku na jakie ciało, nazywa się ciężarem (pondus,) z czego się pokazuje, iż ciężary ciał iakichkolwiek są w stosunku ich miąższości. Przeto i samo ciało, jeżeli w niem więcej nie zważamy, iak samę siłę, którą dla ciężkości ustawicznie na dół pędzone bywa, ciężarem nazywamy, tak dalece, że w *Mechanice*, czyli w nauce o biegu, słowa ciężar i miąższość często toż samo znaczą.

## § II.

O gęstości  
ciała z ciężaru  
sądzić  
możemy.

Ponieważ ciężary ciał iakichkolwiek zawsze są w stosunku miąższości, idzie stąd, że gdy z dwóch ciał iednakową objętość mających iedno jest cięższe od drugiego, to téż większą ma miąższość, a tém samém i gęstsze jest w sobie, jeżeli oba ciała są iednorodné. (Wstę. Roz. XV. § 17.) Gdyż takich ciał gęstości tak się mieć będą, iak ich ciężkości, czyli iak ciężary gatunkowe; z czego się pokazuje, że złoto, które ze wszystkich ciał nam znaiomych, ma gatunkową ciężkość największą (Wstę. Roz. VII. § 28.) jest téż oraz najgęstsze. W ten sposób z ciężaru ciał o ich gęstości należyte sądzić można. Ale trzeba pamiętać na to, że ważąc nie możemy zna-  
leźć



leżć prawdziwego ciężaru w żadnym cie-  
le, gdyż wążemy zawsze w powietrzu,  
a każde ciało nieiaką część swego cięża-  
ru traci dla oporu powietrza (Wstę. Roz.  
IX. § XVIII.) Tak n. p. kupa pierza  
w dużym worze nie cisniącego mniej wá-  
ży niż w mniejszy worek wysypanego i  
zbitego: bo w pierwszym razie więcej  
má oporu od powietrza niż w drugim (\*).

## § III.

Dámy że iakié ciało tegié żadný nie  
má ciężkości, tak iest przybite n. p. goź-  
dziem do inného ciała mocného i nie po-  
ruszenie stojącego, iżby koło goździa C  
mogło się obracać, poprowadziwszy przez  
C linią AB, którą także za tęą i nie  
mającą ciężkości brać należy, i któraby  
około pewného punktu nieruchomého C  
obracała się. Taką linią Matematycyna-  
zywaią Dzwignią, a ieszcze prostą, iesli  
iest prostą. Toż ieżeli z punktów  
A i B dzwigni prostéy pozioméy AB, któ-  
réy części AC i BC są równe, i  
przez punkt C oddzielone, które się ra-  
mionami zowią, zawiesimy ciężary ró-  
wne P i P, każdy łatwo widzi, że ta  
dzwignia cale nie poruszoną stać, i w ró-  
wnoważności bydz musi. Że bowiem nie  
może się obracać tylko około punktu C,  
gdy-

Równo-  
wążność  
dzwigni  
prostéy  
która má  
ramiona  
równe.

Fig. 10.

(\*) Nim Nauczyciel przystąpi do ściśłego do-  
wodzenia równowążności dzwigni w różnych  
przypadkach, niecháy piérwéy przytoczy U-  
cznióm doświadczenie pod § VII. wyrażoné.

gdyby się poruszyła, iedno ramie iey ciężarém swoim opadałoby, a drugie tyléby się zaraz wznosiło. Lecz żadney nie ma przyczyny; dla którejby iedno ramie szło raczéy w górę niż drugie i zupełnie iednakowym sposobém; zaczęć téż każde z nich własnym ciężarém tyle dąży na dół, ile się na wzajem pędzą w górę; z czém oba ramiona są w równoważności. (Roz. I. § 14.)

## § IV.

Równoważno-  
ważno 6  
dzwigni  
które ied-  
no ramie  
jest do dru-  
giego iak  
2 do 1.

Góźdz wbiły w punkcie C sam utrzymuje ciężary równe P i P czyli sumę tych ciężarów  $2P$ , na dzwigni w równoważności będący. Niechby więc ten punkt C ciagniony był w górę siłą iaką zewnętrzną równą ciężarowi całkowitemu  $2P$ ; oczywista jest rzecz że w tym razie choćby góźdz był wyięty z punktu C, wszelako dzwignia została by w równoważności, bo ią na dół ciągnie ciężar  $2P$ , a w górę ciągnie ią siła  $= 2P$ . Odiawszy teraz ciężar P wiszący z punktu B, a w punkt B wbiwszy góźdz, zostanie w tym razie dzwignia w równoważności, bo punkt B, równie teraz w żadną stronę ruszyć się nie może, iak się ruszyć nie mógł, gdy ciężar P zawieszony na B, utrzymywał w równoważności z ciężarém równym P zawieszonym na A. Pociągniemy daléy linią AB, (która nam dzwignią prostą wy-

sta-

stawicie, ) aż do F, tak aby  $BF$  była =  $CB$ , a  $BF$  wystawiać nam także będzie dźwignia prosta z równemi ramionami  $CB$ , i  $BF$ ; bo punkt B bierze się tu za niewzruszony; a zatem zawiesiwszy z punktu C ciężar  $2P$ , i z punktu F drugi takowy ciężar  $2P$ , będzie dźwignia  $CF$  w równoważności, gdy ciężar  $P$  zdeymiemy z punktu A. Powróćmy znowu ten ciężar  $P$  na swoje miejsce, a odeymiemy z C ciężar  $2P$ . Ponieważ w dźwigni  $AB$  gdy punkt B był brany za niewzruszony, siła  $2P$  (równą ciężarowi  $2P$ ) w przeciwną stronę ciągnąc ciężar  $P$ , z punktu A zawieszony utrzymywała ten ciężar  $P$  w równoważności, więc i w dźwigni  $AF$  gdzie punkt B jest także niewzruszony, ciężar  $P$  z punktu A zawieszony będzie w równoważności z ciężarém  $2P$  zawieszonym z punktu F, a równym siłę  $2P$ , którą w punkcie C utrzymywała w równoważności ténże ciężar  $P$  zawieszony na A; a zatem góźdz B (§ 5.) utrzymuje ciężar  $P + 2P = 3P$ ; odiawszy więc góźdz z punktu B, trzeba by ażeby tén punkt B ciągnęła w górę siła =  $3P$ , a by dźwignia  $AF$  zachowana wszelako była w równoważności. Przeciagniemy  $AF$  aż do G, tak aby była  $FG = BF$ , i przenieśmy punkt niewzruszony z B na F. Ponieważ w tym razie siła  $3P$  tak ciągnie w górę punkt B, że dźwignią  $AF$  z któ-

z której punktu A zawieszony jest ciężar P, utrzymuje w równowadze, tak jak siła  $2P$  ciągnąca w górę punkt C, utrzymywała w równowadze tenże ciężar P zawieszony z punktu A, a siła  $3P$  — jest ciężarowi  $3P$ , więc odławszy tę siłę  $3P$  z punktu B, a zawiesiwszy ciężar  $3P$  z punktu G, będzie dźwignia AG, mająca punkt niewzruszony F także w równowadze; a gdyby z punktu F wyjęty był góźdz, a na to miejsce dana siła  $= 4P$ , która by ten punkt F ciągnęła w górę, i ta także siła utrzymywałaby dźwignia AG w równowadze, ciężar P zawieszony na A, i ciężar  $3P$  zawieszony na G, a ze wszystkiemi utrzymywałaby ciężar  $P + 3P = 4P$ , a ramiona AF i FG téj dźwigni będą jak 3: 1. tym sposobem i dalej postąpić możemy przedłużając co raz bardziej dźwignia i przekładając ię punkt niewzruszony. Co gdy czynimy, jasna jest rzecz, że nie tylko jedno ramię ku A w jakimkolwiek stosunku danym liczby całej do iedności można dłuższe dać od drugiego, ale téż i ciężary z obu końców dźwigni zawieszone są w tymże stosunku na odwrót, gdy dźwignia pozioma jest w równowadze. Ogólnie tedy każda dźwignia prosta PR, której punkt nie ruchomy jest Q, w równowadze zostaje, jeżeli ciężar P na punkcie P zawie-



wieszony, jest do ciężaru  $p$  zawieszon-  
nego na punkcie  $R$ , jak  $QR$ :  $QP$ , iakiż-  
kolwiek będzie ten stosunek.

## §. V.

Dotąd uważaliśmy, że nieruchomy  
punkt dźwigni przypadał między mieysca-  
mi, na których ciężary wisiły, i takowa  
to dźwignia nazywa się *dwuramienna*  
(*vectis heterodromus*). Gdy zaś na samym  
końcu dźwigni jest punkt nie ruchomy,  
a oba ciężary po iednój stronie wiszą, taką  
dźwignią *iednoramienną* (*Vectis homodro-*  
*mus*) nazywamy. Co się tycze równow-  
żności w takięj dźwigni niech będzie  
punkt nie ruchomy  $Q$  dźwigni dwuramien-  
nój  $PR$ , i na  $P$  zawieszony ciężar  $P$ , na  
 $R$  zaś ciężar  $p$ ; agdy dźwignia stoi w ró-  
wnoważności, znajdziemy  $P:p = QR$ :  
 $PQ$ , (§. V.) i punkt  $Q$  na dół będzie cią-  
gnięty ciężar  $P + p$ , czyli Summą cię-  
żarów. Zaczem przyprawiwszy drót na  
 $Q$ , któryby prosto szedł w górę na  $T$ , i  
tam go około goździa wbitęgo okręci-  
wszy, ieżeli z drugiego końca tegoż drótu  
zawiesimy ciężar, któryby był  $= P + p$ ,  
punkt  $Q$  tymże ciężar  $P + p$ , w górę  
jest ciągnięty i prosto zostanie w równo-  
wążności nawet goźdz wciąwszy z pun-  
ktu  $Q$ . (Rozd. I. §. 14.) W takowym zaś  
razie można przybić goździem punkt  $P$ ,  
i ciężar z  $P$  zdjąć. Tym się sposobem ro-  
bi dźwignia *iednoramienna* na której cię-  
żary

Dźwignia  
iednora-  
mienną i  
dwura-  
mienną.

Fig. 11.  
i Fig. 12.

żary  $P$  i  $P + p$ , zawsze w przeciwnie strony działać powinny, żeby dźwignia została w równowadze. A że ciężar  $P + p$ , jest do ciężaru  $p$ , na  $R$ , jak  $PR : PQ$ , gdyż było  $P : p = QR : PQ$ , zatem i  $P + p : p = QR + PQ : PQ = PR : PQ$ , zatem w obu gatunkach dźwigni prostej, gdy jest równowaga, ciężary są w stosunku odwrotnym odległości od punktu nieruchomego.

§. VI.

Ten stosunek między ciężarami i przez doświadczenie się potwierdza. Przecik n. p. AG. należyte tegi wszędzie jednakowo gruby i szeroki, podzielony na 6. n. p. równych części, w punktach B, C, D, E, F, a z punktu szrzedniego D, zawieszony, gdy jest w równoważności, równe mieć będzie ciężaru na końcach swoich.

Fig. 13.

ba zawiesić ciężar na krótszém ramieniu. Z téj przyczyny na początku nauki o dzwigni (§. 3.) przypuściliśmy że w nim żadný nie ma ciężkości.

### §. VII.

W reszcie to, czegośmy względem ciężarów dowiedli, do innych sił łatwo się stósować; gdyż można ciągnąć, albo cisnąć ciała nie tylko ciężarami, ale i innemi siłami n. p. siłą ludzką, końską, rzeki, wiatru i t. d. Nad to każde ciało nie tylko podług kierunku pionowego jakim ciężarem ciągnięte być może, ale i podług innego iakiegokolwiek, jeżeli sznurek, na którym wisi ciężar, utrzymuje się na blochu albo na dzwigni. Łatwo też zrozumieć, że co się tycze równoważności, ta się zachowuje, czyli to człowiek, czyli woda, bądź ciężar, bądź inna iakikolwiek władza pociągą albo ciśnię iakié ciało, byleby tylko to w każdym razie działało się siłą równą, nie odmiennając kierunku. Ogólnie tedy mówić można, że dzwignia prosta jest w równoważności, gdy dwa iéy biegi podług kierunków do dzwigni prostopadłych ciągnięte bywają, takiemi siłami, któreby były w stósunku odwrotnym odległości rzeczonych punktów od punktu nie ruchomego.

### §. VIII.

Jeżeli na obwodzie kręgu albo koła, które się obraca około swého srzodka, ciągnie-

Ogólnie pod nie o równoważności dzwigni prostej.

Równoważność koła

albo kręgu

Fig. 14.

gniemy iakie dwa punkta n. p. A i D' podług kierunku stycznych AB, DE, w strony przeciwné równemi siłami, krąg w równoważności zostaje. W obrocie albo wiém kręgu każdy z osobnā punkt, równą prędkością się unosi, i ma kierunek podług styczney. (Xię. I Rozd. VI. §. 2.) Jeżeli tedy iaki bieg zaczyna się na punkcie D ku E, na ów czas równy téż bieg wznieść się na A ku F, to jest: jeżeli punkt D pewnā siła ciągnie ku E, tedy i punkt A razém równā siła pędzi ku F. Lecz punkt A nie może się poruszyć, gdy go siły równé ciągną razém ku F i ku B, zaczęm téż nie może się obracać, jeżeli A pewnā siła ciągnie ku B, a razém i punkt D równie ciągniony jest ku E; zaczęm w takowym razie cały krąg jest w równoważności.

### §. IX.

Równowā-  
żność  
dzwigni  
katowey i  
krzywey.

Fig. 15.  
i Fig. 16.

Dzwignia nie zawsze jest prostā ale czasem *krzywā* (*vestis curvus*) czasem *kątowa* (*angularis* to jest z wielu prostych w kąty ułożonā. Ale bądź tén ma kształt, bądź inny, bądź jest dwuramiennā, bądź jednoramiennā, jeżeli punkt nieruchomy jest na C, a inné dwa ięć punkta A i D ciągnioné są podług kierunków AB, DE, któreby były na płaszczyźnie D A C, i do linii CA, CD prostopadłe, od sił zaś S, s któreby miały stósunek odwrotny z temiż liniami, dzwignia będzie w równoważności.

Za-



Zatoczmy albowiém ze szrodka C promiennami CD, CA, na płaszczyźnie DAC dwa koła, i poprowadźmy na téżże płaszczyźnie przez punkt C w jakikolwiek sposób linią prostą FC, któraby przecinała większe koło na F, mnieysze na G, do której GI, i FH niech będą prostopadłemi. Tym sposobem będziemy mieli dwa kręgi, na iednóży płaszczyźnie, i co do większego kręgu toż samo nastąpi, czy będzie ciągniony na F podług kierunku FH, czyli téż iednakową siłą  $s$  na D, podług kierunku DE, a co się tycze mnieyszego kręgu, bądź go siła  $S$  pociągnie na G, kierownością GI, bądź na A. kierownością AB téżże sam skutek będzie (§. 6.) A że gdy punkta G i F ciągnię są od sił  $S$  i  $s$ , wtedy jest równoważność byleby było  $S:s = CF:CG$ . (§. 8.) Więc położywszy punkt D zamiast F, i A zamiast G, kręgi w równoważności będą, czyli siły  $S$  i  $s$  na punktach A i D są w stosunku CF: CG albo CD: CA.

## §. X.

Jeżeli punkt dzwigni D nie jest ciągniemy kierunkiem DE, do linii CD prostopadłym, ale kierunkiem innym jakim n. p. DM, tedy poprowadziwszy z któregokolwiek punktu linii DM, ME do DE, linią MN do CD, i linią CL do DM prostopadłą, będzie trójkąt MDE podobny trójkątowi DCL. Nad to jeżeli DM wyraża siłę F,

Najmnieysza siła jest dostateczna gdy prostopadła na dzwignią działa.

F

która

którą ciągnie punkt D kierowaniem DM, tę siłę można rozdzielić na dwie inne DN i DE, (Rozd. I. §. 14.) Pierwsza z tych sił cisnie punkt D na przeciwko punktowi C, który będąc nieruchomym odpiéra, tak dalece, że ta część siły całkowitej punktu D zgoła poruszyć nie może, choć inną nie ma w dźwigni, któraby punktowi D do biegu przeszkadzała. Zaczém drugą część siły, samą dźwignią poruszać mogącą, musi być równa sile s, jeżeli dźwignia równoważny punkt A ciągniony jest do B, siłą S. Zaczém jest  $F: s = DM: DE = CD: CL$ . A że się ma  $s: S = CA: CD$ . (§. 10.) więc  $F: S = CA: CL$ . Stąd iawnie pokazuje się, że wtedy najmniejszą siłą na punkcie D, utrzymać można równowagę siły S na punkcie A, gdy się wywierá siła na punkcie D podług kierunku DE prostopadłego do CD. Zawsze albowiem jest  $DM > DE$ , a zatém jeżeli jest iakikolwiek kierunek inny oprócz DE, trzeba większą siłę do sprawienia równowagi.

## §. XI.

W dźwigni wszelkiego gatunku będącej

Czegośmy dowiedli względem punktu D, toż samo ma miejsce i względem punktu A, jeżeli go ciągniemy innym kierunkiem AO, a nie kierunkiem AB. W takim razie przedłużwszy, jeżeli tego potrzeba, linią AO, i poprowadziwszy do niej

nięć prostopadłą CP, jeżeli siła  $f$ , na AO, też samę równowagę sprawuje, którą przedtem siła  $S$ , na AB, będzie  $f: S = CA: CP$ , a zatem  $f: F = CL: CP$ , gdyż jest  $S: F = CL: CA$ . (§. 2.) Ogólnie tedy w każdym razie i we wszelkim gatunku dźwigni, takie siły równowagę sprawują, które są w stosunku odwrotnym linii z punktu nieruchomego prostopadle wiedzionych do kierowań tychże sił, tak dalece, że rozmnożywszy obiedwie siły przez linie do nich należące, to jest  $F$ , przez  $CL$  a  $f$ , przez  $CP$  mnogosci, które się wagami sił (momentum virium) nazywają, z obu stron wypadną równę, to jest  $F \cdot CL = f \cdot CP$ ; gdy dźwignia jest w równowadze.

w równe-  
wagi sił  
(momenta  
virium) po-  
winny  
być rów-  
ne.

## §. XII.

Stąd wyrozumiewamy że dźwignia prosta ciężarami obciążowana, jeżeli się równo waży będąc poziomą, zostanie też w równowadze będąc pochyloną, gdy ją siła zewnętrzna obraca około punktu nieruchomego bez żadnej odmiany w ciężarach. (\*) Niech albowiem będzie dźwi-

F 2

gnia

Dźwignia-  
prosta cięż-  
arami o-  
biadowa-  
na, jeżeli  
się równo-  
waży po-  
ziomą, ta-  
dy i pochy-  
loną także  
się równo-  
waży.

(\*) Ta prawda zdale się na pozór sprzeciwiać doświadczeniu, gdyż szalki pochylone, nigdy nie stoja w równowadze, ale albo do pierwszego położenia powracają, albo jednym koń-  
cem

gnia prosto poziomą AB. w równoważności, obróconą zaś około nieruchomego punktu C niech przyydzie na DE. Ze środka C zatoczmy łuki AD, BE, a spuściwszy pionowe DF, GE, linie CF, CG będą prostopadłe do kierunków tych sił, które cisną albo ciągną punkta D i E. Ze trójkąty CFD, CEG, są podobne, przeto  $CF:CG = CD:CE = CA:CB$ . Jeżeli więc ciężar na B, nazwiemy p, ciężar zaś na A, nazwiemy P, a te ciężary na dźwigni AB, są w równowadze, to jest,  $p \cdot CB = P \cdot CA$ , czyli  $p:P = CA:CB$ , będzie  $p:P = CF:CG$ , skąd, wypadą  $p \cdot CG = P \cdot CF$ , to jest, wagi ciężarów są równe w każdym położeniu dźwigni, z czego się pokazuje, że ta dźwignia we wszelkiem położeniu zostaje równoważną (§. 13.). Punkt C, utrzymuje tylko ciężar  $P + p$  i tymże ciężarem na dół jest ciśniony.

## §. 14.

cém w górę, drugim na dół stawiają. Dzieie się to, z takowey przyczyny, iż w szalkach szrodek ciężkości nie przypada, pospolicie w punkcie ich zawieszenia, ale albo wyżej albo niżej tegoż punktu, gdyby zaś szalki tak sporządzone były, iż by punkt zawieszenia przez szrodek ciężkości przechodził (czego dokazać można) w tén czas ciężarami równemi z obu stron, tak poziome iako też iakokolwiek pochylone (bez odmiany jednak ciężarów) zawsze zostawałyby w równoważności. Tak właśnie, iak ciała twarde równą ciężkość z wodą mając w téj głębokości zostają, do których is zanurzamy:



## §. XIII.

Używanie dźwigni jest powszechné, jeżeli n. p. w dźwigni AB. jest jedno ramie AC do drugiego CB w stosunku 1: 15 a na punkcie A ciężar od 150 funtów, na punkcie B, dosyć jest położyć tylko 10 funtów żeby dźwignia stanęła w zupełny równoważności. Cisnąć tedy nie co mocniéj na punkcie B. n. p. 11 funtami, to jest równą siłą téj, którą możemy podnieść 11 funtów, w ręku, cały ciężar od 150 funtów na A podniesiemy. Piętnaście razy wprowadzcie prędkiey biędz masi punkt B, niż ciężar idzie w górę gdyż tak BE, i AD razém przebiegane bywają, a są do siebie iak CB: CA, iak 15: 1; iednakowoż jest bardzo wygodnie że małą siłą od 11 funtów, można podnieść za pomocą dźwigni ciężar, któryby ręką nie mógł bydz podniesiony bez dźwigni, chyba używazy siły, daleko większey od 150 funtów.

Przydatność dźwigni.

Fig. 17.

## §. XIV.

Widzieć się daia skutki dźwigni nie tylko u Rzemieślników ale i w pospolitém użyciu nawet natury dziełach. Gdy trzeba podnieść kamień, przyciężki, grubą drzewa kłodę, albo inné tym podobné ciało, podsuwamy pod nie drag mocny, który na kamieniu albo na inném iakiém ciele tęgim, nie daleko od ciężaru położoném opieramy, żelýśmy mieli pewny punkt nie

Podkładka.

nieruchomy, a potem drugi jego koniec ciśniemy na dół dla dzwignienia ciężaru. To ciało na którym się dzwignia w piera nazywamy *podkładką* (hypomochlion) a ciało, które dzwignią podnosimy albo poruszamy, ciężarém (onus):

§. XV.

Różne  
dzwigni  
używané.

Fig. 18:

Mularze, Cieśle, Młynarze i inni rzemieślnicy używają drążka żelaznego wątkowatego, który z jednego końca jest nieco zakrzywiony. To narzędzie ABC, pod ciężar D podłożywszy, i punktem zakrzywienia B na podkładce oparłszy, ciężar D, mierną siłą na C będącą podnosić mogą, gdyż ramię BC daleko dłuższe jest od ramienia AB. Rzemieślnicy czasem używają rzeczonożnego narzędzia w ten sposób, że koniec jego A wpięraią w ziemię, a zakrzywieniem podnoszą ciężar. W tym razie wystawiają nam przed oczy dzwignią iednoramienną, której punkt C trzeba podnosić, jeśli chcemy ciężar podzwignąć. W obu przypadkach ten iednakową siłą ciężar łatwiej podnosić, który kierunkiem prostopadłym CF, dzwignią w górę lub na dół, niżeli ten, który podnosi ciężar kierunkiem ukośnym (§. 11.). Taczki nawet pospolite własność dzwigni mają; gdyż srzedni punkt C w ich kółku jest niby punktem nieruchomym, bo się zniżyć nie może, na A ciężar P ciągnie, a przy B siła w górę podnosi.

Fig. 19.

Fig. 20:

Im

Im tedy dłuższą jest rękoieść CB od części swęy CA, tém łatwiej jest ciężar podnosić. Podobnież i mosty zwodzone przy bramach miast, klészcze, nożyce, młótki i noże, ponieważ mają pewny punkt nieruchomy, około którego się obracają, są ni-  
by dźwigniami. Samé kości w zwierzę-  
tach, przez mizkuly ruszané, są wyobra-  
żeniem dźwigni, czego nas Anatomia do-  
kładniey naucza.

## §. XVI.

Podkładka dźwigni dwuramiénney wy-  
trzymaie razém ciśnieniem siły i ciężaru, to<sup>Jak mocna</sup>  
jest summy z siły i ciężaru, zaś dźwigni<sup>powinna</sup>  
iednoramiénney wytrzymaie tylko ciśnie-<sup>bydź pod-</sup>  
nie różnicy między siłą i ciężarem. Stąd<sup>kładka.</sup>  
można dochodzić iak mocna podkładka  
w każdym z tych razie bydź powinna, ile  
ciężaru na drogach utrzymywanego przy-  
padnie na każdego n. p. z dwóch ludzi  
lub zwierząt dźwigających ciężar. Jeżeli  
bowiem dwóch ludzi maie nieść ciężar D,  
na dragu poziomym CB utrzymując iego  
końce na C i B, łatwo zrozumieć, że ow  
drag iest ni-<sup>by</sup> dźwignia iednoramiénna,  
któremu ni-<sup>by</sup> za podkładkę iedén z dźwi-  
gających, drugi zaś siłę podnoszący wyra-  
ża. Jeżeli ciężar iest umieszczony pośród  
draga, siła, która go podnosi, ma bydź  
połowie ciężaru równą, (§. 8.), a drugą  
połowę ciężaru utrzymuie podkładka, tak  
dalece, że w tym razie cały ciężar na obu-  
dwóch

Fig. 21.

dwóch dzwigających równie się rozdziela. Lecz pomysł, kładąc ciężar bliżej ku punktowi B, niż jest ta, która się równa połowie ciężaru, na punkcie C ubywa ciśnienia; przeciwnie rzecz się ma, gdy ciężar zbliżamy do C. Jeżeli tedy ieden z dzwigających jest słabszy od drugiego, na ten czas zawsze trzeba zbliżyć ciężar ku stronie mocniejszego. Tak n. p. gdy ieden na C 100. funtów, drugi na B 50 tylko wygodnie nieść może, a cały ciężar wazy 150 funtów, trzeba żeby była odległość CA: AB = 1: 2 w ten czas bowiem będzie CA: CB = 1: 3, a siła na B wynosi  $\frac{1}{3}$  D, czyli 50 funtów, siła zaś na C,  $\frac{2}{3}$  D, czyli 100 funtów.

## §. XVII.

W jaki sposób niesiony ciężar najmniej ciśnie.

Człowiek dzwigający sztabę żelaza, równie wszędzie grubą i gęstą, lub inny iaki ciężar, gdy go nie ciągnie po ziemi trzeba żeby go tak ułożył na ramie, iżby średni punkt na nim się wspierał, gdy bowiem sztaba równie wszędzie jest grubą i gęstą, łatwo stąd wniesć, że ta sztaba szkodliwem swoim opartą, równowagę zachowa. Więc ten punkt podparwszy człowiek dzwigający sztabę wytrzymaie ciśnienie od niej samę. Lecz gdy się ten punkt średni nie wspiera na nim, ale część sztaby z tyłu n. p. jest dłuższą niż z przodu, dzwigający musi krótszą ię część ręką przy-



przyciskać, ażeby z dłuższą była w równy wadze. Zaczem w takowym razie ramię wytrzymaie powiększone ciśnienie od owęj siły która ręką przyciska sztabę, i która się łączy z ciężarém samęj sztaby.

## R O Z D Z I Á Ł III.

### *o śrzodku ciężkości.*

#### § I.

W ciele twardém iakiegokolwiek kształtu wystawmy sobie w myśli, że tylko dwa punkta fizyczne A i B są ciężkie (Wstęp, Rozd. XV. § 8.) reszta zaś ciała tynaymnię nie cięży; w takim razie będzie odległość tych dwóch punktów nieodmienna dla twardości tegoż ciała w jakimkolwiek jego biegu. Zaczem linią AB może wyrażać dzwignią prostą, tęgą nie mającą ciężkości, i na A ciężarém P punktu A, na B zaś ciężarém p punktu B ciśnioną. Jeżeli tedy jest  $AC:CB = p:P$ ; P tedy podpartszy punkt C, punkta A i B będą się między sobą równowazyły, a to nie tylko gdy linia jest AB pozioma, ale i w jnném iakiémkolwiek ięj położeniu, iakożkolwiek poruszy się ciężar, byleby tylko punkt C był podparty, (Rozd. II. § 13.) który zawsze wytrzymaie ciśnienie równe

Śrzodek  
ciężkości.

Fig: 22.

wnę summie ciężarów  $P + p$ . Jeżeli więc dalej przypuścimy, że w ciele znajdują się 3 punkta ciężkości  $A$ ,  $B$  i  $D$ , i że ciężar punktu  $D$  jest  $b$ , linia  $CD$  będzie dzwignią obciążoną na  $C$  ciężarem  $P + p$ , a na  $D$  ciężarem  $b$ . Zrobimy więc  $CE: ED = b: P + p$ , a będą wszystkie trzy punkta, iakiekolwiek położenie mając około punktu  $E$  w równoważności, gdy ten punkt  $E$  jest podparty. Jeżeli w ten sposób co raz więcej punktów ciężkich będzie przybywało bez końca można postępować i zawsze znaleźć iaki punkt, który podparwszy, wszystkie punkta ciężkie, w każdym położeniu ciała zostaną w równoważności i który przyciska podkładkę ciężarom wszystkich punktów. Zaczem taż sama prawda mieysce téż mieć będzie, chociaż wszystkie punkta, z których się ciało składa, są ciężkie. Każde więc ciało twarde ma pewny punkt, który podparszy, całe ciało w jakimkolwiek położeniu utrzymywać będzie równoważność i który tylé ciśnienia wywierá na podkładkę, ilé jest ciężaru w całym ciele, i ten to punkt nazywamy *środkiem ciężkości w ciele*. (*centrum gravitatis corporis*). A taki środek ciężkości iako widzimy ieden tylko w każdym ciele bydz może, iak na przykład w kuli pół ołowianéy, a pół drewnianéy, środek

Średk ciężkości jest w części ołowianej tej kuli, a zatem nie w jej środku. Przystępując Nauczyciel do wyłożenia Uczniom nauki o środku ciężkości, niech im pokaże różne ciała figury regularnej i z jednej materji, gdzie na oko obacza, że tam środek figury tych ciał jest oraz środkiem ciężkości, w innych zaś nie regularnej figury lub nie z jednej materji ciałach pokaże im środek ciężkości odmienny od środka figury.

## § II.

Jakikolwiek ciało twarde nie tylko pełne i wydrążone, czyli wewnątrz próżne ma środek ciężkości, który to wprawdzie środek, jeżeli ciało jest pełne, w samym ciele, jeżeli zaś wydrążone, wewnątrz jego wydrążenia pospolicie przypada. Nad to i w każdym ciele ciekłym musi być środek ciężkości, około którego utrzymowałoby się ciało w równowadze, gdybyśmy je zamknęli w naczyniu, nie mającym ciężkości. Gdyż cieczą zewsząd zamkniętą, tak się wcale ma, jak ciało tęgic; bo odległości między jej cząstkami zgodziła się nie odmiennie. Nawet zbiór różnych liczb ciał od siebie odległych miałby spólny środek ciężkości, około którego utrzymywałyby się te ciała w równowadze, coby i na oko pokazać mo-

Wszystkie ciała nawet ciekłe mają środek ciężkości.

można gdyby je liniami tęgiemi, i ciężkości nie mającemi połączono. Ta prawda łatwo się okazuje w ten sposób, którym dowiedliśmy wyżej, (§ 1.) że w jakimkolwiek układzie punktów ciężkich, dzwigniami złączonych, zawsze się znajduje środek ciężkości; gdyż każdy takowy punkt można mieć za środek ciężkości iakiego ciała, a tak spólny środek między punktami będzie środkiem powszechnym ciężkości wielu ciał.

## § III.

Środki  
ciężkości  
w kulach i  
w innych  
ciałach  
jednorod-  
nych.

Środek iakieykolwiek kuli jednorodny jest oraz środkiem iey ciężkości; gdyż każda linia prosta, poprowadzona przez środek kuli w tymże środku dzieli się na dwie części równé, i każdy punkt ciężki z jednéj strony téj linii ma w jednakowéy odległości od środka punkt sobie odpowiadający, równego ciężaru na drugiey stronie, tak dalece, że summa ciężaru wszystkich punktów z obu stron jest równa. Zaczém każda z osobna z tych linii trzyma równowagę około środka linii (Roz. II. § 12.) Zaczém i cała kula, iako mogąca się położyć na takie linie fizyczne (Wstęp XV. § 8.) ma środek swój ciężkości w środku kuli. Ogólnie zaś mówiąc wiele jest ciał takich, które mają taki środek swoiey wielkości (centrum magnitudinis) czyli punkt przez któ-

który każdą linią od jednego końca do drugiego przeciągniętą dzieli się na dwie części równe. Tu należy nie tylko kula ale i sześciąt, wałek, graniastosłup i t. d. Przeto łatwo wyrozumiwamy, że w każdym takim ciele zbiór ciężkości przypada tam gdzie wielkość ciała ma swój środek, jeżeli ciało jest jednorodné (Wstęp. XV. § 17.) i równie wszędzie pełné.

#### § IV.

Idzie, zatem że w kuli złotéj równie iaki w żelaznéj, drewnianéj, szklanéj i t. d. środek ciężkości ma miejsce w śródku kuli, a ogólnie mówiąc w jakimkolwiek układzie punktów ciężkich, środek zupełnie ténże sam zostaje, chociaż każdego z osobna punktu ciężkość wszędzie jednakowo się powiększa, albo zmniejsza. Dajmy bowiem, że ciężar punktu A jest  $= P$ , punktu B  $= p$ , punktu D  $= b$ , i t. d. Potém zaś na miejscu A, położmy ciężar  $2P$ , na miejscu B, ciężar  $2p$ , na miejscu D, ciężar  $2b$ , to jest powiększmy ciężar każdego z osobna punktu w jednakowym stosunku 1:2, a jest rzecz oczywista, że punkt C, który wyznaczymy kładąc AC:CB  $= p:P$ , będzie środkiem ciężkości, nawet pomnożwszy ciężary, gdyż  $p:P = 2p:2P$ , a zatem i  $2p:2P = AC:CB$ .

Środek ciężkości nie odmięnia się, gdy ciężar każdego punktu z osobna w jednakowym stosunku pomnóżmy albo zmniejszamy.



CB. Podobnymże sposobem, ponieważ jest  $CE: ED = b: P + p$ , a zatem jest E środkiem ciężkości ciężarów  $b, P, p$ , zatem będzie także E środkiem ciężarów  $2b, 2P, 2p$ , gdyż  $2b: 2(P + p) = b: P + p = CE: ED$ . Ze zaś tym sposobem można iść dalej bez końca pomnażając coraz bardziej a bardziej liczbę punktów ciężkich, ogólnie się pokazuje, że wielokolwiek jest punktów ciężkich, byleby się odległości między nimi nie odmięniały, środek spólny ciężkości zawsze jest tenże sam, i żadnym się sposobem nie odmięnia, byleby w tymże samym stosunku powiększał się albo zmniejszał ciężar każdego w szczególności punktu. Przeto wszelkie ciała jednorodne, równé wielkości, i całe do siebie podobne, mają w sobie środki ciężkości podobnie leżące, bądź iakokolwiek jedno ciało jest cięższe lub lżeysze od drugiego.

## § V.

Leż i układy punktów ciężkich różné wielkości byleby były tylko sobie podobne co do kształtu i ciężaru, mają w sobie środki ciężkości podobnie leżące. Dajmy bowiem, że dwa układy punktów ciężkich  $A, B, D$  i  $P, Q, R$  wielkością różnią się wprawdzie, ale nie ciężarém części, tak że punktu  $A$  i  $P$  cięż-

Środki  
ciężkości  
ciał różnie  
wielkich,  
ale podob-  
nych co  
do kształtu

ciężar jest równy  $P$ , ciężar punktu  $B$  i  $Q$   $= p$ , punktu  $D$  i  $R = b$  i t. d. Toż i ciężaru  
 jeżeli rzeczone układy punktów i co do swych czę-  
 kształtu są sobie podobne, będą odle- ści, całe  
 głości między którymkolwiek dwoma pod. ką-  
 punktami sobie odpowiadającymi w obu mają poło-  
 układach wszędzie w tymże samym stó- żenie.  
 sunku stałym, to jest Ał.:  $PQ = BD$ :  $QR$   
 $= AD$ :  $PR$  i t. d. i kąty między temi  
 liniami, iakoto: przy  $Q$  i  $B$ , tudzież  
 przy  $P$  i  $A$ , przy  $R$  i  $D$  i t. d. równe.  
 Jeżeli tedy naprzód w obu układach po-  
 dwa tylko bierzemy punkta  $A$  i  $B$ ,  $P$  i  $Q$ ,  
 a miejsca  $C$  i  $S$  są zbiorami ich ciężkości,  
 będzie  $QS$ :  $PS = P$ :  $p = CB$ :  $CA$ , a za-  
 tém obadwa zbiory podobnie leżą, co do  
 punktów, których są środkami ciężko-  
 ści. Jeżeli trzeci dodaliśmy punkt, w obu  
 układach  $R$  i  $D$ , a  $T$  i  $E$  są zbiorami cięż-  
 kości wszystkich trzech punktów w obu  
 układach znowu będzie  $ST$ :  $TR = CE$ :  
 $ED$ . Zaczém zbiór  $T$  takowe ma' póló-  
 żenie względem zbioru  $S$ , iakie zbiór  
 $E$ , względem zbioru  $C$ . Lecz dla téż  
 przyczyny środek  $T$  względem punktów  
 danych  $P$  i  $Q$ , których zbiorem jest  $S$ ,  
 toż samo położenie mieć będzie, które ma  
 środek  $E$ , względem odpowiadających  
 punktów danych  $A$  i  $B$ , których zbiorem  
 jest  $C$ . Że bowiem trójkąty  $PQR$  i  $ADB$   
 są podobne, położwszy punkt  $D$ , na punk-  
 cie

Fig: 24.

kcie R, i bok DA na boku RP, bok DE  
 pada na bok RQ i AB jest równoodle-  
 głą od PQ. Zaczém linią AB tak prze-  
 cina linią RS, że iej części są w stosun-  
 ku PS:SQ. A że w samej rzeczy jest  $\angle C$ :  
 $CB=PS:SQ$  linia DC pada na RS. Tym-  
 że samym sposobém pokazuje się, iż  
 położwszy punkt B, na punkcie  
 Q, i bok BD na boku QR, linia BE  
 pada na QT, albo punkt A położwszy  
 na punkcie P, i bok AD na boku PR,  
 linia AE pada na PT. Zaczém wszyst-  
 kie trójkąty podobnie ułożone, to jest:  
 CBE, i SQT, EBD i TQR; EAD i TPR;  
 EAC i TPS są sobie podobne. Zaczém  
 zbiór T, względem punktów P i Q,  
 toż samo ma położenie, co i zbiór E,  
 względem punktów A i B. Przydawszy  
 do tego w obu układach czwarty punkt  
 ciężki, zbiór ciężkości wszystkich czte-  
 rech punktów, w témże samém położe-  
 niu będzie względem zbioru T, iak  
 w drugim układzie względem zbioru E.  
 Zaczém toż samo położenie będzie co  
 do punktów S, R i C, D których zbiory  
 są na T i na E. Więc toż samo będzie  
 względem punktów P, Q i A, B, któ-  
 rych zbiory ciężkości przypadaia na S i C.  
 Tym sposobém można postępować bez  
 końca, iakakolwiek liczba będzie danych  
 punktów i dowieść, że zbiór ciężkości  
 zawsze iednakowé ma położenie  
 w jed-  
 nym

dnym układzie, iak w drugim względem wszystkich punktów danych. Z czego wyrozumiewamy, że i we wszelkich ciałach podobnych co do kształtu i co do ciężaru cząstek, iakożkolwiek wielkością różnych, zbiory ciężkości podobnie leżą. Ale potrzeba tego, żeby ciężary punktów z osobna sobie odpowiadających, w obu układach równe były, ale dosyć jest, gdy tylko mają stosunek wszędzie stały; gdyż powiększywszy, albo zmniejszywszy ciężar wszystkich punktów w jakim ciele podług stosunku stałego, zbiór ciężkości w niem się nie odmięnia.

## §. VI.

Jeżeli ciało twarde pewnym punktem E, albo B na dole się wspiera, albo też w górze z punktu D, lub A jest zawieszoné, a linia pionowa DE przez punkt oparty idąc nie przechodzi razem przez srzodek ciężkości ciała, wtedy ciało z położenia swego się wyrusza i upada. Lecz jeżeli linia pionowa AB przechodzi przez srzodek ciężkości C, ciało nieporuszenie w swoim położeniu zostaje i nie wywraca się. Że bowiem punkt E, który jest podparty odstepuje od linii pionowcy AB przechodzącej przez srzodek ciężkości C, i zostaje na spodniej powierzchni ciała; więc przeciągnawszy przez ten punkt E linią FC, ta będzie nam wystawiać dzwignią prostą FCE, pochyło do AB, gdzie

Każde ciało, którego srzodek ciężkości pod pień nie jest podparty, własnym ciężarém obala się.

Fig. 25.

G

punkt

punkt podparcia iest E, na iednym końcu tęj dzwigni cały ciężar ciała w szrodku ciężkości C zebrany, a na drugim końcu F, nie nie masz takięgo, coby tén ciężar utrzymywało w równowadze, więc ciało na tę stronę gdzie iest szrodek ciężkości C, upadnie. Toż samo, i tymże sposobem okazać można, gdy nie punkt dolny E iest podparty, ale punkt ciała wierzchni D odpowiadający punktowi dolnému E, iest przybity lub zawieszony. Gdy zaś podeprzemy punkt dolny B albo przybiemy lub zawiesimy punkt wierzchni A z których tak ieden iak i drugi znayduć się na linii pionowej AB przechodzący przez szrodek ciężkości C, wtedy linia AB wystawiać nam będzie dzwignią pionową ACB, gdzie cały ciężar ciała zebrany w szrodku ciężkości C, całym sobą ciśnie w kierunku tęj dzwigni pionowej ACB; a zatem ciało w żadną stronę tęj dzwigni upadź nie może.

## §. VII.

Można tedy przez doświadczenie szrodek ciężkości wynaléźć w jakim ciele, wkładając ie na graniastostup albo na inné ciało graniasté, i z wolna iuż w tę, iuż w owę stronę pomykając dopóty, poki na samęy krawędzi graniastostupa w równoważności nie stanie. Natychmiast bowiem będzie się równoważyło, iskoro iego szrodek ciężkości weydzie na linią pio-

Jakim sposobem  
szrodek  
ciężkości  
wynaydu-  
ie się  
przez do-  
świadcze-  
nie



pionową do krawędzi graniastosłupa (§. 7.). Zaczęć płaszczyznę pionową przez tę krawędź równoważności przecinającą, oznacza przecięcie ciała, na którym to przecięciu szrodek ciężkości jego znajduje się. Pod takie doświadczenie ma podpadać długość, potem szerokość, a na koniec i grubość ciała; co uczyniwszy będziemy mieli trzy płaszczyzny, których wspólne przecięcie się jest tylko punktem, który to punkt inny być nie może, iedno sam szrodek ciężkości. Jeżeli zaś jakieś ciało jest tak wielkie, iż szrodek ciężkości jego tym sposobem wyznaczyć nie można, trzeba udzielać innemu ciału małe podobne wielkiemu i na tém doświadczeniu czynić: gdyż szrodek ciężkości całe podobne ma położenie względem części w małym takim ciele iak i w wielkiem (§. 6.).

## § VIII.

Żadne ciało na płaszczyźnie poziomey postawione własnym ciężarém nie może się obalić, póki szrodek jego ciężkości jest na linii pionowey nad podstawą choćby rzeczona podstawa była iednym punktem tylko (§. 7.). Tak kula iednorodna na takowey płaszczyźnie nie poruszenie stoi, gdyż punkt, w którym się płaszczyzny dotyka, jest pod szrodkiem ciężkości na linii pionowey (§. 4.). Ani kula kierunkiem poziomym na płaszczyźnie popchnię-

Kiedy ciało ma moc, stoja na płaszczyznach poziomych?

ta mogłaby dla ciężaru swego obracać się ale to czyni tarcie, że ją widzimy i posuwającą się i obracającą razem, bo cząstki na powierzchni kuli styrczące, ustawicznie zaczepiają się o podobne cząstki na płaszczyźnie i temiż odparte bywają; tak n. p. koła suwają się po niekad po lodzie, a na bruku obracają (Wstęp XII. § 4.) Gdy zaś linia pionowa przez środek ciężkości przechodząca za podstawą przypada, ciało przez własny ciężar obala się. Z téy to przyczyny wszystkie mury, ściany, płoty &c. stawiają się pionowo, bo ukośnie ustawione z czasem obaliłyby się, pomimo utwierdzenia w ziemi ich fundamentów, albo przynajmniej nie byłyby tak mocne iak w położeniu pionowém. Dają się wprawdzie widzieć tam i owdzie wieże osobliwą niby sztuką starożytności tak zbudowane, że znacznie są pochyłe, ale i w tych linia pionowa przez środek ciężkości części pochyłej przechodząca między fundamentami wieży przypada.

### § IX.

Kiedy  
zwierzęta  
i ludzie  
mocno sto-  
ją na płasz-  
czyznach  
puzio-  
mych.

Niektóre ciała nie na gruntowyj podstawie, ale na niejakich podporach utrzymują się, iako to zwierzęta na nogach. Miejsce między temi podporami będące zastępuje podstawę, i łatwo wyrozumieć wamy, że ciało nie może się obalać, gdy linia pionowa od środka ciężkości spuszczone na to miejsce pada. Przeciwnie  
zaś

zaś tak ludzie iako i zwierzęta obciążają się, gdy z jakiej przyczyny do takiego położenia przychodzą, że taż pionowa przez srzodek ciężkości idąca hardzięj od stóp oddala się. Człowiek nie równie większemu niebezpieczeństwu upadania podlega niż bydło, i dziecię z wielką trudnością chodzić się uczy; gdyż miejsce czterema nogami zwierzęcia objęte jest znacznie szersze, a srzodek ciężkości prawie nad srzodkiem tegoż miejsca przypada. Lecz w chodzeniu człowieka, cały jego ciężar, nie wielkie miejsce ma za podstawę, i dla téj przyczyny za każdym krokiem nie od się na bok pochylamy. Ogólnie, téż powiedzieć można że ciała przy iednakięj wysokości i ciężarze tém trudnięj obciążają się, im większą mają podstawę, iako to widzieć można na Figurze 26.

## § X.

Podobnymże sposobem okazuje się, że ciała równęj ciężkości. Pa i i, podstaw AD = FH, których srzodek ciężkości Ci i I, przypadają nad srzodkami podstaw Bi i G, tém łatwięj się wywróćają, im rzezoné srzodki wyżej wyniesione są nad podstawami. Niech, albowiem będzie wysokość IG większą od wysokości CB, będzie téż i samo ciało FN, wyższe od ciała AM. Uderzywszy więc oba ciała poziomę w górnych punktach E i L siłą v, wagi ciężaru Px GH, i Px BD, będą równé, gdy

Ciało, gdy inné okoliczności są iednakowe tém łatwięj się obciąża, im wyżej ma swój srzodek ciężkości

Fig. 27.

bie-

bierzemy  $GH = BD$ . Lecz waga siły v. HN. w wyższym ciecie większa jest od wagi siły v. MD. w niższym (§. II.); zaczęć też łatwiej się wywraca ciało wysokie. Ale choćby ciało wysokie FN nie było wyższe od ciała AM, przecięż linia CD przez większy kąt przechodzić będzie niż linia HI przechodzi przez kąt IHN, nim ciało się obali. Że bowiem zawsze jest  $IG > CB$  przeciągnawszy linią BC, zróbmy  $OB = IG$ , a oczywiście się pokazuje, iż kąt ODM mniejszy jest od kąta CDM. Jeżeli tedy ciało FN jest też i wyższe od ciała AM, dwoiaką znajduie się tego przyczyna, dla której trzeba, albo dłużej albo mocniej to potrącić niż tamto, żeby upadało. Stąd poznaćemy, za co trzęsieniem ziemi wieże, kominy, i gmachy wyższe daleko prędzej i łatwiej się obalają jak niższe.

### §. XI.

Zeby więc iakie ciało nie łatwo upadło, trzeba się starać, ażeby srzodek ciężkości tegoż ciała nie był wysoko nad podstawą. Możemy zaś srzodek ciężkości w jakim ciele zniżyć, albo ogólnie mówiąc, niby na inné miejsce przenieść, jeżeli do niego inné ciało przyłączymy. Niech all'owiem będzie ciało AB obciążone inném AD albo w jakikolwiek sposób z niem połączone. Zawieśmy oba te ciała na dźwigni poziomej FG z punktów C i E, na których

Odmiana  
srzodka  
ciężkości  
w jakim  
ciele po-  
chodząca  
z przełożé-  
nia iego  
części, al-  
bo doda-  
niá no-  
wych.

Fig 28.

srzod-

szrodki ich ciężkości przypadają, a iawni jest rzecz, że punkt nieruchomy H, około którego dźwignia, a zatem oba ciała połączone będą w równoważności, zawsze przypadnie między P i C. Zaczęć szrodek ciężkości ciała, do którego się dodaie drugie, przypadnie na linii pionowey n. p. HI, (§. 7.) między punktami C i E, i bliższy téy strony, z której jest ciężar większy, niż téy gdzie jest szrodek ciężkości C, ciała samego, AB. Przeciwnie jeżeli ciała złączone zaiedno mamy, odiawszy z jednéj strony część AD, szrodek ciężkości posuwa się ku przeciwnéj stronie z linii HI na punkt C. Jeżeli tedy szrodek ciężkości ciała, które obciążamy, ma zostać na téyże linii pionowey a nie ustępować ku ciężarowi, trzeba i z drugiey strony B iakie ciało nowe dodać.

## § XII.

Z tego co się powiedziało, łatwo zrozumieć, czemu okręt naładowany, gdy nań z boku wiatr, albo fala uderza, nie tak łatwo się wywraca iak próżny. Gdyż szrodek ciężkości okrętu obładowanego jest niżey, niż próżnego, bo go ciężar niby na dół ściągá (§. 8.). Nad to okręt naładowany będąc cięższym mocniéj się opiera wywróceniu. Dla tego żeglarze, gdy im zbywá na towarach muszą piaskiem na dnie okręt wyładować. Podobna jest przyczyna co do karet i wozów, które jeżeli

Okręt naładowany  
trudniéj  
się wywraca, niż  
próżny.

chcąc-



chcemy żeby nie były wywrótné, trzeba je tak sporządzać i obładowywać, iżby środek ich ciężkości iak ninyiżcy przypadął.

## §. XIII.

Odmiana  
srzodka  
ciężkości  
w zwierzę-  
tach.

Wiele ieszcze rzeczy podług nauk danyh wyłożyć można, które się zdarzają w poruszeniach ciał tak ludzi iak i zwierząt. Zwierzęta bowiem nie mają ciał zupełnie tęgich, ale mają ciała różnemi sposobami wyginać się mogącé, przez co się dzieie, że czasém niektóre części z jednego boku przechylają się na drugi, a zatém srzodek ciężkości ku temuż bokuwi przenosi się właśnie iakby tam nowé ciało dodané było. Tak ludzie dźwigając ciężar na plecach, schylają się na przód, i którzy w jednę rękę taki ciężar trzymają, druga ręką wyciągają, żeby ię wagę pomnożyli względem srzodka ciężkości, schylają się całemi sobą w stronę ciężarowi przeciwną; bo tym sposobem dowodzą, iż srzodek ciężkości nie schodzi z linii pionowej którą w obrębie podstawy przypada. (S. to.) Najlepię się znają na téy sztuce po sznurach chodzący, iak niezliczonemi sposobami, w momencie czasu, tak się ułożyć, żeby srzodek ciężkości zawsze należycie był utrzymany. Samé nawet zwierzęta są w téy sztuce biegłe. Tak ptastwou którego szyie są przydłuższe, gdy z ziemi podlatuje, wznosi je prosto, żeby srzodek ciężkości przypadął między skrzy-

skrzydłami, a całe ciało niemi się równoważyło. Wyciągnawszy bowiem naprzód szyję, równowagę nie mogłaby się utrzymać, ale szrodek ciężkości pomknął by się nad to ku przednim częściom ich ciała.

#### §. XIV.

Jeżeli szrodek ciężkości  $D$  iakięgo ciała pod pion w górę ciągniemy nicią  $DL$ , a siłą całemu ciężarowi ciała  $P$  wyrównywalącą nie może się ciało ruszyć, bo cały ciężar  $P$  w punkcie  $D$  jest niby zebrany (§. 13.). Niech tedy linia  $DL$  oznacza rzeczony ciężar  $P$ , i niech będzie linia  $DG$  równoodległa od  $AB$  iakokolwiek do windodraga nachylona,  $LI$  od nięj równoodległa,  $LG$  z  $s$  i  $DI$  do teyże linii  $DG$  prostopadłe, a można rozdzielić siłę  $DL$  na dwie inne  $DG$  i  $DI$ , (Roz. 1. §. 14.) tak dalece, że zamiast nici  $DL$  z jednakowym skutkiem można użyć do utrzymania szrodka ciężkości dwóch razem nici  $DG$  i  $DI$ , z którychby jedna była ciągniona siłą  $DG$ , druga siłą  $DI$ . Tym sposobem cały ciężar ciała w równoważności będącego rozdzieli się na dwie części, z których jedna siłę  $DI$ , drugą siłę  $DG$  wprost przeciwną i równą jest (Rozd. 1. §. 14.). Jeżeli tedy ciało wspiera się na płaszczyźnie tegięy  $AB$  równoodległęj od linii  $DG$  a do  $AC$  nachylonęj, mającęj wysokość  $BC$ , to część windodraga ciężaru, która ma kierunek prostopa-

Znaléże siłę któraby dany ciężar iakięgokolwiek ciała zatrzymać możną na płaszczyźnie pochylęj.

Fig. 29.

stopadły DF do płaszczyzny, przez odpór płaszczyzny całe ginie (Rozd. I. §. I.). Zaczém można odjąć nie DI, a ciało ieszcze się będzie równoważyło nad płaszczyzną, byłabyśmy ić tylko ciągneli siłą i kierunku DG. Są zaś trójkąty DLI i ABC podobne, a zatém siła DG do siły DL, czyli do całego w ciele ciężaru P, jest iak BC: AB, a przeto też siła  $DG = P \times \text{Wst. A}$ , podobnie też drugą siłą  $DI = P$ . Dost. A. z czego się pokazuje że ciało w tym zupełnie jest stanie, iak gdyby obydwie siły tam się znajdowały gdzie jest szrodek iego ciężkości.

### §. XV.

Używanie  
płaszczy-  
zny pochy-  
łej w pod-  
noszeniu  
ciężarów.

Zaczém im większą jest wstawa kąta A, tćm większey siły potrzeba do utrzymania ciała D, a przeto i do popędzenia go w górę. Z tćy to przyczyny trudnićy jest ciągnąć ciężary na góry przykrć niż z lekka pochyłe. Gdy iednak rzeczona siła DG zawsze mnieyszą jest od ciężaru (który wyżćy oznaczaliśmy przez linią DI) łatwo wyrozumiećwamy, że płaszczyzna pochyła do podnoszenia ciężarów, równie iak dzwignia jest bardzo zdatna. Tak na p. nich będzie wstawa A dziesiąta częścią wstawy całej, a ciężar od 100 funtów, każdy widzi, że ten znaczny ciężar na płaszczyźnie w namieniony sposób pochyłej, może bydź utrzymamy małą siłą 10 funtów, a zatém że trochę większą siłą n. p. 11 fun-  
tami

tami może być w górę podniesiony, chociaż moc podnosząca musi przebiec mieysc  $AB$ , dla podniesienia ciężaru do wysokości  $CB$ , to jest: dziesięć razy większe, niż jest wysokość.

### §. XVI.

Wiemy już iakię potrzebę siły aby (§. 15.) tabędąc równoległa do równi pochytey równoważyła z ciężarém  $P$  na nię się znajdującym, a ta jest  $DG = P$  wst.  $A$ . Dajmy teraz że ciagniemy nazad ciężar  $P$  nie już w kierunku równoległym do równi ale ukośnym n. p.  $DH$ . Linia  $DH$  wyrządzać będzie w tym razie siłę czyniącą równowagę na równi z ciężarém danym. A że siła  $DH$  rozebrać się może na dwie siły  $DG, GH$ , jest zaś  $DH > DG$ , iako przeciwprostokątna od jednego z ramion wchodzących w kąt prosty  $G$ : wnieść więc należy ogólnie, że siła nie równoległa do równi pochytey koniecznie musi być większą od siły równoległej do téż równi aby z ciężarém równoważyła. Stąd tu wyrozumieć można, dla czego n. p. konie ciężar iaki pod górę ciągnąc, wszedłszy na wierzch góry, skoro na równinie stana, daleko mocnię ciągnąć muszą, niż pod górę ciągnęły.

Siła ukośna czyniącą równowagę z ciężarém na równi pochytey jest większą od siły równoległej z tymże ciężarém równoważącym.

Fig. 29.

### §. XVII.

Lecz jeżeli ciała iaką siłą na płaszczyźnie nie utrzymujemy, tedy to ciało ciężarém swoim po płaszczyźnie spada. Je-

W jakim razie ciało wywraca

szcze

się na płaszczyznach pochyłych.

Fig. 30.

szece gdy linia pionowa  $CD$ , od środka ciężkości  $C$  idącą padła w obręb podstawy na której ciało  $AB$  wspiera się, każdy punkt jego na dół leci równym biegiem jednostajnie przyspieszonym, bo położenie cząstek względem środka ciężkości, bynajmniejszy się w tym razie odmienić nie może. (§. 7.) - Zaczem całe ciało spada biegiem postępnym równie przyspieszonym ale się nie obala na płaszczyźnie pochyłej (Rozd. 7. §. 4.). Lecz jeżeli linia pionowa  $GH$ , od środka ciężkości  $G$  ciała  $EF$  idąc za obrębem podstawy pada, łatwo ciało obala się i spada po płaszczyźnie, gdyż ogólnie mówimy wszelkie ciało, które nie jest podparté wprost środkowi swóięy ciężkości obala się (§. 7.). Sama tylko kula jednorodną, toczyłaby się na dół po płaszczyźnie pochyłej własnym ciężarém, choćby żadnego tarcia nie było; gdyż linia pionowa  $DE$  pada za punktem  $F$ , na którym się jedynie kula wspiera. Jeżeli tedy wystawimy sobie myślą przez punkt  $F$ , przechodzącą płaszczyznę pionową, któraby była prostopadłą do płaszczyzny  $ABC$ , rozdzieli kulę na dwie części, nie równe, z których przednia iako cięższa wraz z środkiem ciężkości na dół polect, a zatém pociągnie za sobą i część poślednią. Lecz chociaż środek kuli na dół spada, wszelako też samę ją zawsze odległość od płaszczyzny pochyłej, tak dale-

ce,



ce, że bieg tego szrodka kuli, tenże sam jest co i punktu, po takię płaszczyźnie spadającego (Rozd. I. §. 4.). Ludzie także i zwierzęta gdy na górę wstępują, nachyla się, zsiępując przeciwnie wyprężając, i tym sposobem dowodzą, że linia pionowa przez szrodek ich ciężkości przechodzić w obrębie podstawy pada; gdyby inaczej szli, upaść by musieli.

## §. XVIII.

Trzymając ukośnie nic z ciężarém na niej zawieszonym, gdy ten ciężar z ręki wiono wypuścimy, nic wraz z nim wezmie położenie pionowe. Jeżeli bowiem jakie ciało, albo częć szrodek jego ciężkości na nici ukośnie trzymaney CB jest zawieszoné; a pionową BE oznaczą cały jego ciężar P, linie zaś EF, DB do przeciągnięney CB są prostopadłe, rozdzieli się siła BE na siły EF i BD (Rozd. I. §. 14.) Pierwszą siłą nic się wyciąga, ale ruch żaden stąd nie nastąpi: druga zaś siła BD pędzi ciało kierowaniem styczney BD przez łuk kolisty BA. (Xię. I. Rozd. 6. §. 11.) ta zaś BD albo  $EF = P$ . Wst. C, bo kąty ACB i EBF równe są. Za zniesieniem kąta C, gdy punkt ciężki jest na A, a nic pod pion stawa, siła też BD ginie, a cały ciężar P na ciągnięcie nici wywierá się. Z téy przyczyny i rzemieślnicy kierowań pionowych dochodzą przez piony, bo żadné ciało ciężkie na nici wolnie zawieszoné,

Wahadła  
zawsze są  
pionowe  
czyli pro-  
stopadłe  
do windo-  
draga.

Fig. 31

szoné, nie może spokojnie wisieć, gdy nie jest prostopadła do windodragu.

## §. XIX.

Wykład  
pewnego  
ruchu, któ-  
ry zdaje  
się być  
przeciwny  
własności  
ciężaru  
ciała.

Fig. 32.

Nie kiedy ciało, gdy jego szrodek ciężkości na dół idzie, taki ma ruch, że nieświadomém здаie się iakby szło, w górę. Ciało n. p. iednorodne A mające kształt dwóch ostrokręgów równie z sobą złączonych, jeżeli położymy na dwóch listewkach w ostry kąt B złożonych, przy C zaś i D całą długością tegoż ciała A od siebie odległych, a oraz na C i na D wyższych tyle niż na B, żeby też wysokość nie dochodziła połowy grubości szrodkowey ciała A; uyrzyny, że się będzie toczyło ciężarém własnym ku C i D. Dwuostrokrąg bowiem położony na silni CBD na B, w ten sposób, iżby zaś jego była pozioma częścią swą grubszą, to jest szrodkową z obu stron

Fig. 33.

tamże wspiera się, a zatém szrodek O jego ciężkości, który tu jest w szrodku ciała, to jest w szrodku podstawy obu ostrokręgów, ten mówię szrodek ciężkości znacznie jest wyniesiony nad najwyższą listewkę powierzchni RP. To jest: gdy PQ jest wysokością którą ieden koniec listewek wznosi się nad drugi, a gdy linia QNR jest pozioma, tedy pionowa ON będzie prawie równa połowie grubości szrodkowey tego dwuostrokręgu, połowa grubości większa jest niż wysokość PQ, tak dalece, że pozioma OM przypada nad punktem P. Po-  
łoży-

## O ŚRZODKU CIĘŻKOŚCI III

tożyszy tedy dwuostokrąg na PQ, gdzie listewki całą długością jego są od siebie oddzielone, ponieważ dwuostokrąg z obu stron jest kończasty, tam oprzeć się nie może, chyba temiż końcami, które są na osi jego. Zaczęć w tym razie ós dwuostokręgu jest na P, a przeto środek jego ciężkości tylko do wysokości PQ nad linią poziomą RQ jest wyniesiony. Zaczęć rzeczony środek ciężkości spada na dół z wysokości MP, gdy dwuostokrąg z N bieży do Q. Zaczęć w samę rzecz spadac będzie od N do Q własnym ciężarem, bo środki ciężkości ciał zawsze spadają z wyższych miejsc na niższe, gdy nie ma przeszkody. W samę rzecz w tym przypadku dwuostokrąg spada po płaszczyźnie pochyłej, chociaż się zdaje iż po tę płaszczyźnie idzie w górę.

## R O Z D Z I A Ł IV.

### *o ruchu wahadła.*

#### §. I.

Jeżeli ciało iakokolwiek bieży po linii prostej tęgicy i nieruchomę AB, a na miejscu B, toż ciało bierze kierunek CB, i przebiega miejsc CB, w tymże samym czasie, w którymby przebieść mogło linią DB bużac iednostajnie; prowadziwszy linią DC, i dopełniwszy równoległoboku prost-

Ciało po wielu płaszczyznach złączonych bieżące, na każdym zalamaniu

stokątnego DCBE, rzeczony bieg DB, rozdzieli się na dwa biegi iednostajne BC, i BE (Xie. I. Rozd. I. §. 8.) Jednym z tych biegów BC, punkt bez żadney przeszkody na linii BC, tęgięć iśdź zaczyna, ale bieg BE, ponieważ przypada w prost na linię tęgą i nie poruszoną BC, oporém téżże linii zupełnie ginie. (Rozd. I. §. 1.) Ze tedy bieg BC, zawsze iest mniejszy od biegu BD, punkt musi zawsze tracić nie co z biegu swęgo, gdy przechodzi z jedney linii na drugą przez załamanié, gdzie się łączą linie, a tém samém, gdzie się kierowanie biegu odmiénia.

Fig. 34.

### §. II.

Jest zaś  $BC = \sqrt{BD^2 - DC^2}$ . Jeżeli tedy kładziemy, że DC, iest  $= \frac{1}{100}$  BD, będzie  $BC = BD \sqrt{\frac{99}{100}} = 0,99$ . BD, to iest: różnica między liniami BD i BC wynosi połowę iedney części setney z linii BD, albo połowę dziesiątęć części z linii DC. Gdy kładziemy, że DC iest  $\frac{1}{1000}$  BD, będzie  $BC = 0,99995$ . BD, to iest różnica między liniami BD, i BC, wynosi pół iedney części dziesiątotysięczney z linii BD, albo pół iedney setney części z linii DC, i tak daléy. Z czego wyrozumiewamy, że gdy kąt CBD, staie się nieskończénie małym, tedy i linia CD iest cząstką nieskończénie małą linii BD (Wstęp XV. §. 2.) to iest różnica między liniami BD i BC zasadza się na cząstce nieskończénie małej, téy cząstki także

Ta część biegu, którą przez odinanie kierowania ginie, cząstka iest cale nieznaczną

także nieskończenie mały z linii BD, tak dalece, że ta różnica, choćby też nieskończenie się powtórzyła, jednakowoż nie uczyniłaby większą summy; iak tylko równą częście nieskończenie mały z linii BD.

### §. III.

Zaczém punkt, który na iakiej linii krzywéy tęgíy i nieruchoméy bieży iakożkolwiek, nie nie traci z biegu swego prócz ustawiczne odmiennianie kierowania; gdyż na każdym miejscu swoiéj drogi krzywéy ma kierowanie podług styczney (Xię. I. Rozd. VI. §. 11.). Przeto bieg má taki iakby miał na styczney tęgíy i nieruchoméy. Im bliżéy siebie leżą punkta zetknięcia (contactus) iakiégo łuku krzywégo z styczną, tém mniejszy też jest łuk między stycznými, tak dalece, że wreszcie stale się nieskończenie małym, gdy punkta zetknięcia nieskończenie coraz bliżéy a bliżéy do siebie przystępują, bo w tym razie obydwie stycznne, za jedno niemal mogą być wzięte i kierunek ich będzie prawie jednakowy. Zaczém kierunek punktu na linii krzywéy bieżącégó, w tém się sposób odmiennia, iak gdyby ténże punkt przebiegał linie pod nieskończenie małemi kątami połączone. A chociaż ta odmiana na każdym punkcie linii krzywéy zachodzi, a tém samém nieskończenie się powtarza, jednakowoż i nieskończenie powtórzoną, nie

Ciało na powierzchni krzywéy iakożkolwiek biegnące, z biegu swego nie traci, chociaż ustawicznie odmiennianie kierowania.

H

może



może zmniejszyć biegu więcej, iak czu-  
stkę nieskończenie małą (§. 2.) Zaczę-  
m punktu pazeł legując całą linią krzywą przez  
ustawiczną odmianną kierowania, traci tylko  
czustkę biegu swego nieskończenie małą,  
to jest całe nieznaną a prawie żadną.

## §. IV.

Prędkość  
punktu po  
wielu  
płaszczyz-  
nach złą-  
czonych  
zarypują-  
cego albo  
występują-  
cego.

Fig. 35.

Damy, że linie proste AB, BC, CD są  
tegłe i nieruchome na iakiędy płaszczyźnie  
pionowcy. Niech będzie IA linia pozio-  
ma, HC zaś GB i ID pionowcy, spuszczone  
od rzeczony poziomey. Niech spada  
punkt ciężki z miejsca sporzynku A wła-  
srym ciężarem, a będzie miał prędkość na  
miejscu B do wysokości GB należącą (Rozd.  
I. §. 8.). Damy tedy, że kierowanie  
owego punktu bez uchywiania prędkości  
odmienił się na B i także punkt będzie  
miał na C prędkość do wysokości HC na-  
leżącą, a na D prędkość należącą do wyso-  
kości ID, a tak zawsze jego prędkość na  
każdym miejscu do całej wysokości, z któ-  
rej spada należy, iakażkolwiek liczba bę-  
dzie linie połączonych, gdyż tu bierzemy,  
iakiy żadnego tarcia i oporu nie było od  
powietrza. Nie mamy pod temiż warun-  
kami punkt ciężki, który idzie w górę  
z D prędkością do wysokości ID należącą  
przez BC, CB, BA na każdym miejscu  
wznosi się prędkością do téj wysokości  
należącą, do której pozioma IA nad owym  
miejscem jest wyniesiona (Rozd. I. §. 10.)

§. V.

## §. V.

Że tedy każdą linią krzywą składa się z nieskończenie wielu cząstek nieskończenie małych, na które się tey styczne dzielą; i po niemy punkt bieżący nie nie traci z swego biegu przez ustawiczną odmianę kierowania, (§. 3.) idzie stąd, że jeżeli  $ADB$  jest linią krzywą pionowo stojącą tęga i nieruchomą, po której punkt ciężki, od linii poziomey  $AB$  z miejsca  $B$  spada na sam dół  $D$ , prędkość punktu ciężkiego, gdyby nie było żadnego tarcia i oporu od powietrza, na którémkolwiek miejscu n. p. na  $F$ , należałaby do wysokości pionowey  $FI$ , a zatem na  $D$  do pionowey czyli do wysokości  $DC$ . Że tedy punkt ciężki wszędzie bieży kierowaniem styczney z miejsca  $D$ , prędkością odpowiadającą wysokości  $DC$ , więc przebieży w górę  $DHA$  aż do  $A$ , i będzie miał na każdymkolwiek miejscu n. p.  $H$  prędkość należącą do wysokości pionowey  $IH$ , która prowadzona jest do poziomey  $AB$ . Takie zaś własnym ciężarém ciała przępiezione spadanie i na przemiany opóźnione ustępowanie, nazywamy *ruchem wahanym* (*motus oscillationis*) a każde takie ciała iście lub powrót z jednego punktu górnego do drugiego nazywamy wahaniem (*oscillatio*) I tak n. p. położywszy kulę gładką na powierzchni krzywey także gładkiej, albo wpuściwszy ją w rynienkę krzywą i do-

Ruch wahaniam.

Fig. 36.

brze wygładzoną żeby iak náymniey było tarcia, ta kula własnym ciężarém spada na dół, i w górę idzie ustawicznie przez długi czasu przeciąg. Ale ięć wahania z wolna coraż bardziey się zmniejszają, iuż oporém powietrza, iuż też tarcie, tak dalece, że na koniec na samym dole powierzechni krzywęj spokojnie stanie taż kula.

## § VI.

Ruch ciała wiszących jest ruchem wahania.

Punkt ciężki gdy spada na którémkolwiek miejscu, n. p. na F w tén sposób bieży, iak gdyby zostawał na styczney tegiey CF owego miejsca (§. 3.) schylonęj ku linii poziomęj DL, pod kątem EGL. Lecz po udkiey linii punkt spada siłą, która jest do tego ciężaru iak wsta: C: 1. (Rozd. I. §. 14.). Jeżeli tedy linia krzywa ADB jest łukiem kołowym, który się ze środka C, promieńkém CF w kręśła, przecięgnęwszy tén promień na M, będzie kąt CFM prosty. A że CFL z kątem LFM także czyni kąt prosty; zaccém kąt na C równa się kątowi LFM, to jest, kątowi DCF, czyli C; zaccém ta siła, która pędzi punkt na miejsca F, jest do ciężaru 1. punktu, iak wsta: C: 1. Lecz gdyby ténże sam punkt wisiał na nici CB, przywiązawszy C, także przebiegłby linią krzywą BDA, i taż sama siła pędziłaby go na którémkolwiek miejscu F krzywęj tego drogi (Rozd. III. §. 20.). Jest tedy ruch wahania, (tak się bowiem nazywá punkt na linii prostey za-

Wie-

wieszony i około jakiego punktu nieruchomego téżże linii wahany), całe téżże sam, co i ruca w. h. nia po łuku kolistym, tegim i nieruchomym.

## § VII.

Że tedy kąC i jego wafawa ustawicznéy odmianie podléga, gdy się punkt ciężki waha, dowodnie wyrozumiéwamy, iż siła, która go porusza ustawicznie się odmiénia nie tylko co do kierunku, ale i co do wielkości, zaczęta ta siła nie jest *jednóstayna*, (Rozd. I. §. 11.) chociaż od ciężkości swóy początek wzięta. Przeto i ruch punktu wahańcégó się, jest *nie jednóstaynie* już *przyśpieszony* już *opóźniony*; gdyż widoczna jest rzecz, że tegoż biegu ustawicznie przybywa do połowy łuku, a przez drugą połowę ubywa: nie może zaś przybywać albo ubywać biegu jednóstaynie, chyba że siła jest jednóstayna.

Ruch wahańa jest niejednóstaynie przyśpieszony albo opóźniony.

## § VIII.

Ruch wahańa nieiakiégó nad sobą wymiagi ustanowienia przezeńczas iak nymdokładniéy wymiérzamy i na części iak nymnuiéysze dzielimy. Przez wahańo niezłożone (*pendulum simplex*) rozumie-my punkt ciężki zawieszony na linii prostéy nie mającéy ciężkości, i około iakiégó punktu nieruchomego téżże linii, który *punktem zawieszenia* (*punctum suspensionis*) nazywa się, ruchomy. Długością wahańa jest odległość punktu ciężkiego od pun-

Wahańo niezłożone

punktu zawieszenia. Nie masz w samęj rzeczy wahadła niezłożonego, ale się tylko w myśli wystawia, gdyż wszystkie wahadła, których w samęj rzeczy używamy, są ciałami ciężkimi, a zatem złożonemi na niejakich ciężkich prętach lub nitkach zawieszonemi, ale ruch ciał tak zawieszonych dokładnie zrozumieć nie możemy, jeżeli pierwéj nie przenikniemy własności wahadła, któreby było niezłożonem, i dla téj przyczyny należy zaczynać od tego wahadła, które potem bez żadnego dodatku wahadłem zwać będziemy.

## § IX.

Dopuszczając, że żadnego tarcia i oporu od powietrza, słowem, że żadney przeszkody do ruchu nie ma, łatwo wyrozumieć wamy, iż półwahania w wieszadle nie tylko się odprawiają przez łuki równé, ale téż iż przez równy czas trwają, czyli że są równoczesne (isochronæ). Niech

Fig. 36.

albowiem będzie tak łuk BDA koła zatoczonego ze środka C, na którym punkt ciężki waha się, a na D sam spód tegoż łuku dójdzie łuk po spadnięciu z B aż na A, do téż, że samęj poziomej linii AB, z której spadł, (§. 5.) a zatem łuki BD i DA w połowach obu wahań będą równé. Nad to zrobimy kąty DCF, DCH równé, a będą styczne na F i H pod równemi kątemi do dźwigni nachylnéj. Niech będą Hb i Ff dwie cząstki równé, bardzo małe z tych



z tych stycznych, iawnie jest rzecz, że, jeżeli punkt ciężki przebiega przez rzeczone cząstki, ponieważ prędkości na  $F$  i  $H$  do równych wysokości  $FI = HI$  należą, a tćm samćm tak iako prędkości na  $F$  i  $H$  są nigdy sobą równć, ow punkt w jednakowym czasie spadnie przez  $Ff$  i pójdzie w górę przez  $Hh$  (Rozd. I. §. 10.). Toż samo okazać wazny względćm którćchkolwiek innych dwóch punktów na łoku  $NDA$  wziętych. Im zaś mnieyszą jest cząstka styczny  $Ff$ , tćm bardzićy się ma ku linii krzywćy, a gdy w reszcie bierzemy nieskończenie małą, zupełnie z linią krzywą zchodzi się. Takowych zaś cząstek nieskończenie małych i równych zawiera w sobie łuk  $DHA$  tyle, ilć łuk  $DFB$ , i gdy każda cząstka na jednym łuku w równym czasie przebieżona bywa, iak ićy odpowiadająca jednakowo nachylona w drugim łuku; idzie stąd, iż też punkt przez cały łuk  $DHA$  podnosi się w równym czasie, iak przez drugi  $DFB$  na dół spada.

## §. X.

Gdyby iaki punkt ciężki na  $F$  położony stamtąd spadał przez ciężką  $FD$ , potrzebowaliby do spadnięcia takowćgo czasu, w jakimby z miejsca spoczynku wolnie spadał przez wysokość  $2 CD$  tć jest przez średnicę koła całćgo, którćgo na figurze jest tylko połowa  $ABD$  (Rozd. I. §. 7.). Tćn zaś czas jest dwa razy tyli, łuk ow

w takim  
czasie  
punkt cięż-  
ki spada  
przez  
styczne do  
kół koła.

w któ-

w którym z miejsca spoczynku wolnie spada przez  $\frac{1}{2}$  CD, i który nazwiemy t, gdyż wysokości w spadaniu wolném są w stósunku kwadratów z czasu, a zatem będzie  $4t^2$ ;  $t^2$  albo  $4:1 = 2CD:\frac{1}{2} CD$ . Gdyby więc ten punkt ciężki przez równą i podobną cięciwę DH znowu szedł w górę, bez uszczerbku swęj prędkości, cały czas przez któryby wstępował i zstępował byłby 4t. Gdyby zaś przez styczną FG spadał, tedy czas na przebieżenie téj linii, pochyły łożony byłby do czasu 2t bieżenia przez drugą linią pochyłą FD, z-téjże samęj wysokości FL, iak FG:FD, (Rozd. I. §. 4) a przeto ténże czas przez  $FG = 2. FG. t.$

FD

Teraz bierzmy, że punkt spadłszy przez FG bez żadnego zmniejszenia prędkości na G, bieży z G na D, prędkością nabytą, a łatwo się pokazuje iż bieg punktu przez GD jest iednostayny, bo linia GD jest poziomą, i nadto iedna styczną koła DG, równą się drugiéj FG, a zatem punkt nabytą prędkością na G mógłby przebieść linią z DG w tym czasie, w którym przez FG spada (Rozd. I. §. 5.). Zaczém w połowie tego czasu, z G, przechodzi na D, a zatem cały czas w którym styczną łuku BFD przebiega, iest  $= 3. FG. t.$  i gdyby

FD

z drugiéj strony przez podobné i równé styczną szedł w górę, tedy cały czas ustępowania

wania i zstępowania iego byłyby  $= \frac{6 \text{ FG t}}{\text{FD.}}$

## §. XI.

Poprowadźmy promień CG, któryby przecinał cięciwę na N, a będzie FN — DN, i kąt na N, prosty; zaczem trójkąty CFN, NFG są podobne a kąty NFG i GCF równe. A że  $\text{FG:FN} = 1$ : dost: C przeto gdy kąt C jest jedny minuty lub mniejszy, będzie FN prawie  $= \text{FG}$ , i  $\text{FD} = \text{FG} + \text{GD} = 2 \text{ FG}$ , i  $\text{T} = 3 \text{ t}$ , (§. 10.). Jeżeli się kąt GCF powiększa, tedy czasu T przybywa, ale jednak bardzo pomału dopóty, póki ow kąt jest niewielki. Dajmy bowiem że jest  $5^\circ$ , będzie iego dostawa  $= 0,9962$ , gdyż wstawa cała u nas zawsze jest  $= 1$ . Więc na tén czas  $\text{FN} = 0,9962 \cdot \text{FG}$ , i  $\text{FD} = 1,9924 \cdot \text{FG}$  a zaś  $\text{T} = 301. \text{ t}$ , a zatem tylko setną częśćką czasu t będzie większe od 3t. Możemy tedy, gdy łuki wahań są bardzo małe zawsze brać prawie  $\text{T} = 3\text{t}$ , z czego się pokazuje, że lubo summa stycznych  $\text{FG} + \text{DG}$ , w małych nawet kątach większa jest nieco od cięciwy FD, przecięż do przebieżenia stycznych zawsze znacznie krótszego czasu potrzeba, niż do przebieżenia cięciwy, bo prędkości między F i D, na stycznych wszędzie są większe, niż na cięciwie, co nam pokazują pionowe, gdy ie od pozioméy FH do stycznych i do cięciwy poprowadzimy.

W takim  
czasie  
któryby  
przebie-  
żał, bez  
stycznych  
małego  
łuku.

## §. XII.

## § XII.

Czas spá-  
dania  
przez łuk  
mniejszy  
jest od cza-  
su spáda-  
nia przez  
ciąciwę  
mniejszą,  
a większy  
od czasu  
spádania  
przez sty-  
czne.

Dámy, że wahadło pojedynczé na pun-  
kie C zawieszoné waha się po łuku  
FDH, czyniąc kąty małé nieprzechodzące  
n. p.  $5^{\circ}$  i owszém mnieysze od  $5^{\circ}$  (jak się  
powszechnie rozumie gdy o wahaniami  
wahadeł się mówi bez dodatku). Jeżeli  
mówię wahadło pojedynczé z punktu C  
zawieszoné waha się przez łuk FDH, ta-  
two okazać można, że czas jednego waha-  
nia całego zawsze przypada między 3 t, i  
4 t, iakoby granicami. Ze bowiem FG +  
GD, w łuku małym DPF, cale prawie jest  
 $\equiv$  FD ciąciwie, zaś sam łuk DPF mniey-  
szy od summy FG + GD, a większy od  
ciąciwy FD, iasni jest rzecz, iż ténże łuk  
ieszcze mniej się różni od ciąciwy, niż  
summa stycznych różni się od téżycie ciąci-  
wy. Ta zaś w krótszym czasie bywa  
przebiegana niż ciąciwa, dla większych  
prędkości (§. 11.). Przeto na łuku FPD,  
gdzie prędkości wszędzie większe są, niż  
na ciąciwie FD, a mniejsze niż na styczn-  
ych, wypada stąd, iż z równych prawie  
drog FG + GD, FPD, i FD pierwszą prze-  
bieżoną bywa w najkrótszym, druga  
w średnim, trzecią w najdłuższym czasie.  
Przystąpię zaś czas łożony na przecięt-  
niém łuku, gdy łuk jest nańer małý, bardzo  
bliższy do czasu łożoného na przebieżé-  
ni stycznych, bo punkt na początku  $\frac{1}{2}$  na  
końcu łuku FPD jednakowo bieży, iak  
przez

przez styczne  $FG$  i  $FD$ ; (§. 3.) jednakowoż różnica między temi obudwoma czasami zawsze znaczna będzie w wahaniach przydłuższych, nawet gdy łuk jest nieskończenie mały, tak właśnie, jako i różnica czasu w przebieganiu ciężwy i stycznych zawsze się równa  $\frac{1}{2}T$ , choć łuk jest bardzo mały.

### §. XIII.

Że tedy czas  $T$  wolnego spadania jest kresem czasu  $D$ , w którym wiészadło iedno wahanie odbywá, tén zaś kres większy jest w łuku większym, niż w mniejszym (§. 11.) jest rzecz bardzo dowodna, że i czas  $D$  razém z łukiem się powiększa nieco, i przeto większe wahanie w większym także nieco czasie dzieie się niż mniejsze, różnica zaś między temi czasami, byleby obadwa wahania były bardzo małe, niezmiernie jest mała, tak dalece, że chyba długo powtarzana, ciągiem ruchem wahadła, nakoniec może się okazać znaczną, gdyż kres  $T$  w bardzo małych wahaniach zupełnie niemal jest ténże sam. Ta wprawdzie rzecz zupełnie się potwierdza przez dokładniejszy ruch wahadeł roztrząśnienie, ale razém przytrudniejsze, niżby na tém miejscu wyłożyć ie można, z którego pokazuje się iż blizki kres czasu  $D$  jest  $3\frac{1}{2}t$  prawie czyli ogólnie  $\pi t$  gdzie  $\pi$  oznaczać będzie okręg koła, którego średnica jest 1, i że do tego kresu, tén bliżej

Czas waha  
nia náy-  
mniejszy-  
go.



bliżej, przystępują wahania im mniejsze są, ma się więc czas wahania bardzo małego do czasu wolnego spadania przez pół długości wahadła niezłożonego jak  $\pi$ : 1. albo jak okrąg koła do swoiczy średnicy.

## §. XIV.

Jeżeli tedy ze dwóch wahadeł pojedyn-  
Czasy wa- czych jedno długości  $L$ , waha się przez  
hán przez kąt bardzo i niby nieskończenie mały  
równé ką- ty, są w czasie  $D$ , drugie zaś długości  $l$ , w czasie  
w stósun-  $d$ , a jest  $T$  czasem wolnego spadania przez  
ku pier-  $\frac{1}{2}L$ , i  $t$  przez  $\frac{1}{2}l$ , będzie  $D = \pi T$ , zaś  $d =$   
wiast-  $\pi t$ , zatem  $D: d = T: t$ , a że jest  $T: t = \frac{1}{2} L:$   
ków kwa-  $\frac{1}{2} l = L: l$ , więc  $D^2$  i  $d^2$ , czyli kwadraty  
drato- czasów najmniejszych wahań, w tymże  
wych dłu- stósunku są z długościami; owszém i  
gości wa- większe wahanía, jeżeli tylko kąty ich są  
hadeł. równé, téż sam stósunek długości wa-  
hadeł zachowują względem kwadratów  
czasu. Zaiście jest to prawda, że większe-  
go wahanía w jedném wahadle czas jest  
nieco większy niż  $\pi T$ , i drugiego wahadła  
także trochę większy niż  $\pi t$ , ale zawsze  
podług stósunku kąta wahanía. Jeżeli te-  
dy oba rzeczóné wahadła wahaia się przez  
kąty równy, czasy tych wahań zawsze będą  
w stósunku  $\pi T: \pi t$ , albo  $T: t$ , albo  $D: d$ .  
tak dalecé, że wahadło we czworo dłuż-  
sze, od drugiego we dwoie powolniejszy  
się waha, we czworo krótsze, dwa razy  
prędszy i t. d. równé kąty w wahaníu  
przebiegając.

## §. XV.

## §. XV.

Czas iakięgo wahania náymniejszego w wahadle niezłożoném, ma się do czasu wolnego spadania, przez pół długości wahadła, jak 3, 14 : 1. blisko, a zatem kwadrat tegoż czasu, do kwadratu drugiego jak 9, 36 : 1. Jeżeli tedy wahadło w 1" raz wabi się, przypuścimy, że punkt ciężki na niego, cu bezpowietrzném wolnie, spada w 1" przez  $15\frac{1}{2}$  stóp Paryzkich, to jest: przez 181. calów stopy Paryzkiéy (Xię. I. Rozd. V. §. 2.) będzie 9, 36 : 1. jak 181. do pół długości wahadła, (§. 13.) która zatem będzie 18, 357. calów. Zaczém długość wahadła sekundowego (tak się bowiem nazywá wahadło, które w 1" raz się wabi) cała jest 36, 714. calów czyli 3 stopy 8  $\frac{1}{2}$  linij Paryzkich w tych krajach, gdzie ciąża ciężkie w 1", wolnie spadaiać przez  $15\frac{1}{2}$  stóp Paryzkich.

Wahadła  
sekundowe.

## §. XVI.

Gdy wiele punktów ciężkich od siebie odległych, ale mocno połączonych około tegoż samego punktu zawieszenia, razem się wahać, takie wahadło nazywamy złożonem (pendulum compositum). Jak w wahadle AC, oprócz punktu A, ieszcze może być inny punkt ciężki G, albo nad punktem zawieszenia C, albo niżej tegoż punktu, a w tén czas wahadło CGA, będzie iakoby złożoné z dwóch innych CG, CA połączonych ale gdyby téż wahadła nie były

Wahadło  
złożoné u-  
mysłowé.

Fig. 37.

były z sobą złączone, pierwsze przedzwy się wahało, drugie powolniey w stosunku  $V CA: V CG$  (§. 14.). Łatwo tedy wyrozumieć wamy, że w wahadle złożoném CGA. bieg ciężkiego punktu A, a dalszego od punktu zawieszenia C, przez bieg punktu G bliższego tego zawieszenia pospiesza się, bieg zaś punktu G, przez bieg tamtego opóźnia się; bo obiedwa są z sobą złączone i razem się wahać muszą, tak dalece, że to wahadlo składane wolniey biega, od pojedynczego CG, a spiesznię od niezłożonego CA. Jeżeli tedy PR wahadlo jest niezłożone, które biegiem swoim wymierza kąt równy w tymże czasie co i składane CGA, i jeżeli  $CH = PR$ , punkt H środkiem wahanía (centrum oscillationis) w wiészadle składaném nazywa się, a CH jest tego wahadła długością. Taki środek w każdym wahadle składaném znajduje się, gdyż zawsze będzie iakie wahadlo pojedyncze, któreby w tymże samym czasie najmniejszych wahanía czyniło, iak i składane. Jest też i takowe wahadlo składane w którym punkta N i A mocno złączone nie przypadają na iedną linię przez punkt zawieszenia prowadzący; gdyż za podniesieniem się iednego takiego punktu drugi spada, a zatém bieg iednego opóźnia się albo przyspiesza przez bieg drugiego.

§. XVII.

§. XVII.

Gdyby punkta  $A$  i  $G$  i. d. były złączone na  $O$ , gdzie ich szrodek ciężkości przypada, wahałyby się całym swym ciężarem; lecz gdy są od siebie oddalone nie mogą się inaczej wahać, tylko tak, że jedno wywierá dzielnosć swoię na drugie; to jest punkt tym prawie sposobem działa iak to ciało ciężkie, któreby upadź nie mogło, chyba pociągnawszy za sobą inné ciało spoczywające, alko wolnię od niego lięgąc. Iako tedy takie ciało powolnię spada, niż gdyby samo przez się upadało, to część iego ciężaru dzieli się na ciągnięnie drugiego ciała, tak też i w wahadle złożoném punkta  $A$  i  $G$  od siebie odległe nie mogą się tak wahać, iakby się wahały, gdyby złączone były w szrodku ciężkości  $O$ , w którymby całe na siebie wzajemnie siły nie wywierały, a zatém ani by traciły iakich części swego ciężaru. Przeto wahadło złożone  $CA$  powolnię się waha, niż wahadło pojedyncze  $CO$ . Ze zaś wahadło pojedyncze  $PR$  w tymże samym czasie waha się w którym składnie  $CA$ , iedzie stad, że  $PR$  a tém samym i  $CH$  jest dłuższe od wahadła  $CO$  (§. 14.). Zaczém szrodek wahańia zawsze się różni od szrodka ciężkości w wahadle składaném i iedzięcy jest oddelony od punktu zawieszienia  $C$ .

§. XVIII.

Jeżeli na lipli nie mającey ciężkości zamiast iednego punktu ciężkiego, zawiesi-

W wahadle złożoném szrodek k. wahańia zawsze niżej przypada niż szrodek ciężkości.

Wahadło

niezłożone  
fizycznė.

my kulę, albo innė ciało, tedy wahadło będzie złożone, ponieważ mieć będzie w sobie wiele punktów ciężkich oddalonych, z których zatėm każdy opóźnia bieg drugiego. Zaczėm w samcm tėm ciele będzie srzodek wahania, który pod srzodkiem ciężkości jego przypada. (§. 17) Wszelako jednak łatwo wyrozumićwimy, że gdy ciało iest małe, odległość między srzodkiem czėści i srzodkiem wahania powinna bydz nader mała, dla tego, że wszystkie punkta w swėm ciele nie daleko leżą od powszechnego srzodka ciężkości, a zatėm prawie zupełnie taki ruch mają, iak gdyby na iednėm mieyscu z niėm były: i z tėy przyczyny wahadło takowė wahadłėm niezłożonėm fizycznėm; bo chociaź w samcy rzeczy nie iest niezłożonėm, jednakże między wahadłami składanymi do wahadła pojedynczego nabyliżcy przystępie: składa się zaś z nici bardzo lekkiey i z kulki nie wielkiey, iednorodnėy, gęstokowo bardzo ciężkiey, a długość jego rozciąga się od punktu zawieszenia aż do srzodka kuli. Takowego wahadła srzodek ciężkości przypada wprawdzie nad srzodkiem ciężkości kuli, to iest między srzodkiem kuli i nici. Lecz że odległość jego od srzodka kuli iest do odległości jego od srzedniego punktu nici, iak ciężar kuli do ciężaru nici, ciężar zaś kuli prawie dziesięć tysięcy razy większy iest od ciężaru



ru nici w wahadłach sekundowych, więc  
 srad wypada, że szrodek takowego waha-  
 dla całego bardzo mało wyżej będzie, niż  
 szrodek kuli. Ze zaś szrodek wahań  
 nieco jest niższy od szrodka wahadła, więc  
 będzie można bez znacznego uchybienia  
 brać go za szrodek wahań całego waha-  
 dla. Takić tedy niezłożone wahadło fi-  
 zyczne, obok z wiészadłem składanem  
 zawiesiwszy, jeżeli je potrosze skracamy  
 albo podłużamy, póki dokładnie w tymże  
 samym czasie najmniejszych wahań nie  
 będzie czyniło tak, jak składane i tym po-  
 dobnie wahadła złożonego szrodek wahań  
 wynaléże możemy (§. 16.).

### §. XIX.

Wahadeł fizycznych wahań tarcieć  
 około sztyfków, na których wiszą, i Kołysaniá  
 przez opór powietrza ustawicznie co raz wahadeł  
 bardziéy a bardziéy się zmniejszają, aż zmniejsza-  
 na koniec ze wszystkiém ustają, i wiészadła do pionowego położenia na koniec ią się i opó-  
 przychodzą. Nad to dla oporu powietrza przez tar-  
 wielką kulą ołowianą powietrzem otoczona cieć i opór  
 na dłużej się waha, niż mała (Wstę. X. powietrza  
 §. 23.) a między wielą kulami równemi,  
 gdy inne okoliczności są jednakowé, kor-  
 kowa prędzéy przestaje się wahać, niż  
 z kości słoniowéy a ta prędzéy, niż oło-  
 wianá: bo korek od kości jest rzadszy,  
 ołów zaś od korka i od kości gęstszy  
 (Wstę. X. §. 24.). Ale i wahadło w po-

wietrze, że nieiaką część swego ciężaru traci, (Wst. IX. §. 18.) wolniey się waha niżby się wahało na miejscu wolném od powietrza. Prawda, że bardzo mała jest ta różnica w wieśzadłach gatunkowo znacznie ciężkich, przecięż nie trzeba ię zaniedbywać. Z téy przyczyny pod szklaną banią powietrzociągu, gdy się z niey powietrze wyciągnie, postrzegamy, iż toż samo wahadło prędzę się waha niż w powietrze, a nie równie powolniey chodzi w wodzie albo w jnych cieczach.

## §. XX.

Hugeniusz  
przydął  
wahadło  
do zegar-  
ów.

Galileusz był pierwszym, który na początku przeszłego wieku przez pilné uważanie biegu wahadeł, dociękt, że wahadło we czworo dłuższe dwa razy, dziewięć razy dłuższe we troie i t. d. powolniey się waha: a ogólnie, że czasy kołysnień są w stósunku dwudzielnym długości wahadeł, piérwszy także używał go do wymiaru i podziału czasu. Astronomowie używali potém dosyć przez długi czas wahadeł wolnie wiszących i ręką poruszanych, których wahania rachowali. Ale chociaż już Galileusz zamyslał złączyć wieśzadło z zegarém i chociaż iego syn Wincenty Galileusz to złączenie w Roku 1649 uczynić usiłował, jednak dopiero sł. wny Hugénusz w Roku 1657 tego dokazał, i stał się piérwszym wynalazcą zegaru z wahadłem złączonego,

go, którego jeszcze dotąd używamy. I całą naukę o ruchu wahadeł i o szrodku wahanía podług prawdziwych zasad pierwszy okazał, i do niniejszój doskonałości ją przy prowadził.

### §. XXI.

Przez złączenie wahadła z zegarém nie równie wygodnieyszém się stało do używania, niż było przedtém. Naprzód bowiem nie trzeba więcej ręką niekiedy poruszać wahadła i jego rachować wahanía, bo zegar wagami idzie i liczbę wahań okazuje, oprócz tego za pomocą samego wahadła krótkie tylko czasu przeciągi rachować, mierzyć i dzielić możemy nie odstępuiąc od wahadła, lecz na zegarach wahałnych najdłuższe czasu przeciągi mogą być mierzone i w naszój nieprzytomności, bo takowé cięgiem wahadła tak jest złączone z zegarém, iż zatrzymawszy ruch wahadła zegar stawa, a zatém bieg przez kołysanie wahadła wymierzają się i jednostajnym czyni. Lecz wzajemnie i wagi zegarowe za pomocą górnego kołka, wieszadłem władaia, przywracając mu to, co przez tarcie i opór powietrza z swego ruchu traci, tak dalece, że wahanía zawsze są sobie równe byleby tylko zegar był dobrze zrobiony; z czego się pokazuje, że zegary daleko piérwcy przed Hugeniuszem wynalezioné, ale bez wahadeł; Hugeniusz swoim przemysłem doskonał-

Pożytki  
złączenia  
wahadła  
z zegarém

szę uczynił, iako téż i wahadło, w tén sposób z zegarém złączone iednostaynię się waha, niż samo, które czasém ręką trzeba było popchnąć, żeby w biegu cale nie ustało; gdyż owé wahania raz więk-sze, drugi raz mnieysze, nigdy nie ze wszystkiém są iednostaynie długie; (§. 13.) że zaś i ich prędkość iuż iest większa, iuż mnieysza, samo powietrzć, to wię-cy to mnię oporu czyniąc, (Wstę. X. §. 25.) ieszcze ię czyni iednostaynieyszemi.

### §. XXII.

Jak waha-  
dło przy-  
prawić do  
zégaru.

Rzeczona równość szczególnych wa-  
hań tak mocno potrzebną w zegarach,  
przez dwie rzeczy naybardzię się otrzy-  
muie: *naprzód*, ieżeli sam zegar robimy  
z jak naywiększą dokładnością w tén  
sposób, iżby we wszystkich iego częściach  
wielkości i odległości, które równé bydz  
powinny w samęy rzeczy iak naydokład-  
nięy równemi były: *powtóre* ponieważ  
tęy iak naydokładnięszy równości mię-  
dzy częściami zegaru nawet i naywiększe-  
go usiłowania przyłożywszy, zupełnie  
otrzymać nie możemy, tak wahadło przy-  
prawimy do zegaru, iż tylko bardzo nie  
wielkie wahania czynić będzie. Acz bo-  
wiem takie wahania nie koniecznie są ró-  
wné, wszelako prawie iak naydokładnięy  
w jednakowym czasie dzicią się na miejscu  
wolném od powietrza (§. 13.) nad to iesz-  
cze żadného od powietrza oporu nie po-  
noszą

noszą dla bardzo małej ich prędkości. Przeto tego sposobu którym Hugeniusz złączył wahadło z kołami zegaru, już więc: teraz nie używamy, ale innego, który w Anglii wynaleziono, przez który kotysania wahadeł stają się daleko mniejsze, niż ie mógł uczynić Hugeniusz.

### §. XXIII.

W zegarach náydokładniejszych, których Astronomowie używają, iedno wahanie odbywa się w jedney sekundzie, a zatém ma długość 440,5 linij Paryzkich prawie (§. 14.). Składa się pospolicie z pręta żelaznego, który u dołu nosi ciężar figury soczewkowéy (lenticularis) znaczny z ołowiu potymże pręcie posuwać się mogący tak, iż podnoszonym nieco i spuszczanym bydz może. Że bowiem wahadło zegarowé iest niby dzwignia, na którą z jedney strony wywierają siłę koła zegarowé, a z drugiey strony ciężar zawieszony ciągnie, więc powiększywszy ten ciężar wahadła, bardziéy się opierać będzie zegarowi, a zatém kotysania wahadła małej odmienné bydz mogą przez działanié zegaru, które zawsze iest cokolwiek nierówné. Że zaś ów ciężar w srzodku wypukły w obwodzie iest spłaszczony, przeto powietrze, które się nim przedziła w ruchu mniéy mu oporu czyni (Wstę. X. §. 22.). Jeżeli postrzegamy że zegar znacznie się późni, podnosimy nieco rzezoną

Opisanie  
wahadła  
Astrono-  
micznego.



czoną soczewkę, wzwyż pręciką, ażeby za podniesieniem się szrodka ciężkości razem ze szrodkiem kołysania wahadło samo krotszém się stało i biegu prędzszego nabyło: przeciwnie zaś opuszczamy soczewkę, gdy zegar bardzo prędko idzie (§. 16.).

## §. XXIV.

Wahadło  
kraciasté.

Fig. 38.

Że wszystkie ciała ciepło rozszerza a zimno ściska, (Wstę. XIII. 9.) pręt też wahadła rozgrzany będzie nieco dłuższy, a krótszy gdy ostygnie. Przeto też zegary choć z największą dokładnością zrobione, i z takim wahadłem iakiśmy opisali, w naszych krajach latém, kiedy wahadło dla gorąca się przedłuża w przeciągu 24 godzin, 20 blisko albo 30 sekundami późniéj idzie niż w zimie. Zégarmistrze różnemi sposobami starali się i tę nieiednostayność wahań poprawić, między którymi náyznaczniejszy jest Graham, którego bardzo dowcipna silnia *wahadłem kraciastém* zwaną, (pendulum craticulatum) ma w sobie różne pręciki żelazné i mosiężné w ten sposób połączone, iż soczewka wahadła, gdy się pręciki ciepłem podłużają, przez té tyle się podnosi, ile na dół razem opada, a przeto ustawicznie w jednako-wéy jest odległości od punktu zawieszénia. Już poznano przez wiele doświadczeń, że zegar dobrze zrobiony, mający wahadło kraciasté, náywięcey dwiema sekundami tylko, we 24 godzinach, późniéj u nas latém

latém idzie niż zimą. Bardzo dobrze zaś doświadczać można zegaru przez bieg gwiazd stałych, gdyż każdy z osobna obrót gwiazdy stałej odprawuje się  $23^{\circ} 56' 4''$  (Wstęp XII. 15.).

### §. XXV.

Żebyśmy zaś ułożenie wahadła kraciastego nieśako zrozumieli, trzeba pamiętać, że przez jednokowy stopień ciepła mosiądz bardziej się rozszerza niż żelazo w stósunku 12: 19. (Wstęp XIV. 16.). Dajmy tedy że pierwsze z pobocznych pręcików 1 i 1 są żelazne i mają w sobie długości 32 cali Paryzkich, i że pewnym stopniem ciepła podłużają się ilością n. p. 1, a zatem niższy pręcik poprzeczny (reguła) tém podłużeniem opadnie na 1. Drugi pręcik mosiężny 2 i 2 niech będzie z obu stron o 30 calach Paryzkich, tedy się na dół przez 1. ten pręcik podłuży; ponieważ do tegoż pręcika poprzecznego AB jest przybity, pójdzie zaś w górę przez  $\frac{2}{16}$  razem z pręcikiem ruchomym CD w końcach pręcików będącym. Bo podłużenie pręcika mosiężnego o 32 calach jest blisko  $\frac{3}{5}$  podłużenia w pręciku równym żelaznym o 32;" że zaś mosiężny pręcik jest tylko tu 30" calów; zaczęci całej jego podłużanie wynosi  $\frac{5}{3} \cdot \frac{30}{32} = \frac{25}{16}$ . Że tedy opada na dół częścią  $= \frac{16}{16} = 1$ , a więc równie w górę się podnosić musi razem z pręcikiem CD przez  $\frac{2}{16}$ . Tymże samym sposobem wy-

Wykład  
wahadła  
kraciastego.

rozu-

rozumiéwamy, że trzeci z obu stron pręcik żelazny 1 i 1 na 26 calow długi idzie na dół razem z pręcikiem EF, przez miéyscé  $\frac{4}{16}$ , i że czwarty miosiężny 2 i 2, 24 cale długi, i razem z górnym pręcikiem GH idzie w górę przez  $\frac{16}{16}$ , czyli przez 1. Dajmy tedy, że szredni pręcik żelazny na którym osadzona soczewka ma 32 cale stopy Paryzkiéy aż do szrodka wahan, tén pręcik podłuży się na dół przez 1. Ale, że ténże pręcik z pręcikiem GH jest złączony pýdzie razem w górę, będąc od tegoż pręcika podniesiony także przez 1. Z czego się pokazuje, że szrodek wahan podłużeniem kruszczu tylé zawsze się podnosi, ilé na dół idzie, a zatem nieodmiennie w jedném miéyscu zostaje.

### §. XXVI.

Zadne wahanie od ciężaru ciała pochodzące zacząć się inaczéy nie może, chyba że przystąpi jakie poruszenie zewnątrz, albo rzucenie, którém się szrodek ciężkości ciała podnosi. W tym razie albowiém ciało natychmiast swym ciężarém nazad spada i przyśpiesza biegów w spadaniu. Jeżeli zaś bieg iego jest taki, którymby z samého dołu mogło pýsć w górę z prędkością w spadaniu nabytą, tedy rzeczą samą idzie w górę i ustępując ustawicznie bieg opóźnia. Zaczém straciwszy na koniec prędkość własną, znowu opada, i tym sposobém bez przestanku waha

há się. Przeciwnie zaś ciało, które się obraca około szrodka swęj ciężkości iakby około punktu nieruchomégo bynajmnięj się nie waha; gdyż ruch takiego obrótu nie może bydź ani przyspieszony ciężkością ani opóźniony: bo szrodek ciężkości z miejsca się nie porusza. Zaczém takowé ciało nie może bydź miané za wahadło mogące się kołysać.

### §. XXVII.

Dzwon razem z sercém waha się gdy węń dzwonia; bo i dzwonu i serca szrodek ciężkości siłą zewnętrzną pędzi się w górę, i potem na przemiany to na dół, to w górę idzie. Gdy tedy oba ciała w jednym czasie wahaia się, sercę przy bokach dzwonu niby się zatrzymuie i w dzwon nie uderza, lecz gdy węń biie, w innym czasie osobné wahanie odbywa, a przeto iakby wahadło składané odmienną ma długość niż dzwon (§. 16.). Tymże sposobém i okręt na morzu się waha, gdy fala nań z boku biie, i szrodek iego ciężkości do góry wznosi. W samych wodach bywaią wabania; gdyż mocą wiatru wznosi się wał wodny, i szrodek iego ciężkości do pewney idzie w górę wysokości, stamtąd zaś własnym ciężarém opada z prędkością w spadaniu nabytą znowu się podnosi, i tym sposobém wały wodné po wierzchu wody idź nie przestaią, na przemiany podnosząc się i opadaiać.

Różne  
przykłady  
ruchu wa-  
hálnego.



## X I E G A III.

*o dalszych przyczynach ruchu  
nie zawisłych od ciężkości.*

## R O Z D Z I A Ł I.

*o wahanii cięt sprężystych.*

## §. I.

Poznawszy już iakokolwiek ruch pochodzący od siły ciężkości, zastanówmy się teraz nad ruchem nie już od ciężkości, ale od innych iakich sił pochodzić mogącym tak n. p. od sprężystości. Siła ta, iak wiemy, (Wstęp X. 1. 2. 3. 4. 5.) znajduiac się w rozmaitych ciętach, znajduje się téż i w stronach muzycznych bądź z kisék zwierzęcych, bądź z jedwabiu, bądź z iakiego kruszczu zrobionych. Strony takowé, gdy naciągamy, przedłużaią się i razem dla sprężystości swoiey usiłuią skurczyć się, a to ieszcze z tém większą siłą, im mocniéy są naciągane. Skoro się więc strona siłą iaką zewnetrzną wypreżi i nie powraca do dawnego stanu, lecz zostaię w równowadze, w takowym razie, siła iéy sprężystości, wyrównywać musi siłę zewnetrzną onę naciagaiącą; gdyż dwie siły wprost przeciwnie na się działaiące, nie mogłyby się znieść, nie będąc równemi. Skąd się wnosi, że łatwo znaleźć

Ciężar wyrówny-  
wający siłę  
sprężysto-  
ści strony.

Fig. 39.



léżé można ciężar, któryby w każdym przypadku wyrównywał siłę sprężystości danéj strony, a przeto téż siłę sprężystości można odnosić do ciężkości. Niech więc AB wyraża stronę poziomą założoną na dwóch kółkach niewzruszonych A i B, (gdzie przypuszczamy, że najmniejszego tarcia nie masz) zawieśmy na niey dwa ciężary równé P i Q; naciągana więc będzie téż strona siłą czyli ciężarém  $P + Q = 2P$ , a tak tedy siła iéy sprężystości będzie w tym razie  $= 2P$ .

## § II.

Dla należytego wyrozumienia ruchu w rzeczoney stronie od iéy sprężystości pochodzącego, przypuścmy, że téż strona AB jest poiedynczą (simplex) to iest, że iest giętką linią bezciężką, której cała miąższość znajduje się zebrana w srzednim iéy punkcie; dáymy ieszcze, że tenże punkt srzedni siłą iaką zewnętrzną, albo się zniża do E albo się podnosi do D, w takowém więc zdarzeniu, znajdując on się na E ciągniony będzie od ciężarów P i Q w kierunkach EB, EA, znajdując się zaś na D, téż ciężary ciągnąć go będą w kierunkach DB, AD. Położmy, że linia  $CD = CE$ , linie DB i AE, iako téż i linie AD i EB będą równoodległe i równé; że zaś i ciężary P, Q są także równé, mogą się więc wyrazić przez linie AD, DB, albo przez linie AE, EB. Zaczém siła złożo-

Siła sprężystości na dół albo w górę naciągająca punkt srzedni strony poiedynczey.

złożoną w obydwóch przypadkach będzie  $= DE$  (Xię. II Rozd. I. §. 14.) i tą to siłą punkt średni strony nagłony będzie w górę, albo na dół: ma się więc taż siła złożona do ciężaru P, iak  $DE : EB$ . Gdy więc linia ED jest znacznie mała względem strony AB, (iak powszechnie uważa się w ruchach stron) linie EB i CB niemal zupełnie równé są, Zaczém w takowym przypadku można powiedzieć bez znacznego błędu, iż zebraną miąższość w E nagli siła  $\frac{P \cdot EC}{BC} + \frac{Q \cdot EC}{AC} = \frac{2P \cdot EC}{BC}$  w kierunku ED, i że na każdym inném miejscu n. p. na F, ténże sam punkt nagłony jest w kierunku ED siłą  $= \frac{2P \cdot FC}{BC}$ ; przeto że siła w F, jest do siły w E  $= FC : EC$ .

## §. III.

Jeżeli więc średni punkt strony AB pewną siłą zewnętrzną zniża się na E, skoro ta siła działać przestanie, punkt w górę idzie przez linią EC, a idzie siłą sprężystości taką, która na którémkolwiek miejscu n. p. na F, jest w stosunku miejsca FC przebieżonego iak w tym razie FC, jest więc ona nie iednostayna, gdyż od samego dołu ustawicznie się zmniejsza, a w reszcie na C zupełnie ginie. Ta więc siła bieg punktu po linii EC ustawicznie przyspiesza, tak dalece, że prędkość jego na C jest największa. Z tą zaś prędkością

Strona natężona waha się, będąc uderzoną.

ścią nabytą punkt' nad C wstępuje ku D, a że i na owem miejscu taka siła znowu go pędzi do C, która zawsze jest w stósunku miejsca przebieżonego nad C i która tém samém ustawicznie się pomnaża; przeto bieg punktu przez tę siłę już się opóźnia ustawicznie, a w reszcie nad D cale ustaie; już znowu z tą samą siłą zstępuje ku E, a potém wstępuje ku D, zaczęm średni punkt strony waha się biegiem kolejnym raz przyspieszonym, drugi raz opóźnionym i wahałby się bez przestanku, gdyby drganie stron muzycznych, i przez tarcie w miejscach A i B i przez opór powietrza ustawicznie się nie zmniejszało. Podobnym sposobem wyklada się wahanie strony, gdy ją w początku siła zewnętrzna nagli ku D.

## §. IV.

Niech będzie miąższość strony pojedynczej zebrana w średnim punkcie téż strony =  $p$ , a siła iéy sprężystości =  $zP$ , nad to niech połowa strony EC má taki stósunek do wahadła pojedynczego ON mającego na końcu N ciężar  $p$ , iak  $zP:p$ . Podnieśmy stronę i wahadło tak, żeby linia QL prostopadła do ON była = CE, a będzie siła, która porusza wahadło na

$$L = \frac{p \cdot QL}{ON} \quad (\text{Xię. II. Rozd. IV. §. 6.}) \text{ siła}$$

zaś, przez którą się strona porusza na

Wahania  
stron pojedynczych  
są równoczesné.

Fig 40 i 41

E =

$$E = \frac{2P \cdot EC}{BC} \quad (\S. 2.) \text{ a zatem té siły są so-}$$

bie równé, bo  $QL = CE$ , i  $BC : ON = 2P : p$ . Niech znowu będzie siła w waha-

dle na  $M = p \cdot \frac{PM}{ON}$  siła zaś w stronie na

$$F = \frac{2P \cdot CF}{BC} \text{ a zatem poślednią znowu ro-}$$

wna się pierwszész siłę, bo  $CF = PM$ . Jeżeli tedy wahania są bardzo małe, niemal zupełnie będzie  $ML = FE$  i średni punkt strony i najniższy wahaćia jednakową miąższość mająć na miejscach równie od  $E$  i  $L$  odległych, równiemi siłami są nagłone. Zaczém średni punkt strony w tén sposób ruszą się, iak gdyby ciężarém własnym po łuku  $LMN$  zstępował. Prawda, że rzeczónego punktu drogą jest linia prosta, lecz że punkt po łuku koła zstępuiący, nic cale nie traci z biegu swego choć się ustawicznie odmiénia iego kierunek (XIę. II. Rozd. IV. §. 3.) a przeto bieg jest tenże sam, czyli to punkt po linii prostéj idzie a siła go naglącá ustawicznie jednakowy ma kierunek, czyli po linii krzywéj, a siła zawsze ma kierunek iey styczney. Zaczém i strona  $BA$  w tymże samym czasie raz się waha, w którym i wahaćio  $ON$ . A że wahania wahaći nader małe są równoczesné (XIę. II. Rozd. IV. 13.) więc i wahania stron bardzo małe są także równoczesné.

§. V.

## § V.

Niech będzie długość strony pojedynczej  $BA = L$ , wahadła także pojedynczego długość  $ON = l$ , będzie  $\frac{1}{2} L: l = 2P: p$  (§. 4.) zatem  $l = \frac{pL}{2P}$ . A że czas wahania

$4P$ .

wahadłowego jest  $\sqrt{l}$  (Xię. II. Rozd. IV 14) to jest: iak  $\sqrt{\frac{pL}{4P}}$  idzie stąd, że strony tém

$4P$

powolniey wahaia się, im są cięższe czyli grubsze i dłuższe, tudzież im słabię są naciągnioné. Prawda, że strony muzyczne używane do instrumentów są składane a nie pojedyncze, a zatem nie wahaia się raz w tym czasie, w którym strony pojedyncze iednako długie i iednako natężone wahaia się, iednakże byleby tylko wszędzie iednostaynie były grube, czasy iednego wahanía także są w stosunku dwudzielnym to jest w prostym ich ciężarów czyli miąższości i długości, a odwrotnym sił naciąganych, oraz wszystkie drgania bardzo małe, są równoczesné.

## §. VI.

Wszakże trzeba mieć wzgląd i na grubość stron muzycznych. Gdy bowiem stronę ciągniemy do góry albo na dół, ta w samęy rzeczy staie się dłuższą, a zatem mnieyszej grubości nabywa, tak dalece, że ięć cząstki dla dziurek próżnych różney wielkości rozmaicie od siebie odległe,

(Wstęp

Czas iednego wahanía strony zależy od ięcy ciężaru długości i siły ięci naciągającej

Dwoiaki ruch w ciążach  
dźwięk lub brzmienie  
wydających.



(Wstęp XV. p.) schodzą się zwłaszcza gdy ją uderzamy ciałem twardym, albo sprężystym. Zaczem rzeczony cząstki namienionym sposobem ściśnione odskakują i na okolo się rozechodzą. Że zaś ten zbieg cząstek i uderzenie się wzajemne, tyle się razy powtarza, ile razy strona odbywa wahania, albo ię zaczyna, przeto cząstki w stronie bez przestanku kolejno, to przystępują, to odstepują od siebie, to ię drgają, kiedy więc strona i owszem każde inné ciało brzmienie lub dźwięk wydaie, dwa w niem ruchy znajduią się to ię drganie całkowite, które mnięcy lub więcey odmięnia kształt ciała, i ię prawdziwie tém, co nazywamy wahaniami, i drganie cząstkowe, które zdaie się byđź prawdziwą przyczyną dźwięku; gdyż pociągnąwszy po stronach skrzypeów smyczkiem łoiem nasmarowanym, strony te wahaia się tylko, a przeto odmięniaia kształt swój, ale nie wydaia żadnego głosu: przeciwnie zaś smyczek natarty żywicą twardą ciągnąc po stronach, też strony brzmią.

## §. VII.

Blachy  
sprężyste  
wahaia się.

Nie tylko strony, ale inné ciała sprężyste drgają i dźwięk wydaia. I tak tafla kruszczowa albo szklanna, czyli ogólnie mówiąc blacha twarda i sprężysta drga czyli iednym tylko końcem ięst utkwiona czyli obudwoma czyli na nici wisi.

Niech

Niech będzie n. p. takowa blacha prosta CD utkwiona w murze AB, gdy ją uderzeniem nagniemy do CE, nie tylko powróci sprężystością swoją do dawnego kształtu, i do prostego położenia CD (Wstęp X. 3.) ale nadto przychodząc na CD, a mając tam nabytą pewną prędkość, musi postąpić do CF, stamtąd zaś siła sprężystości znowu ją odciąga, i tak nakształt strony waha się, o czém nas doświadczenie przekonywa. Zawiesiwszy zaś blachę AB, na nici AC, gdy ją uderzamy w miejscu n. p. D w témże miejscu nakrzywia się w kształt AEB, który kształt potem natychmiast odmiennie a zatem wahać się musi, z przyczyny sprężystości swojej. Wreszcie blachy sprężyste mają także owo drganie wewnątrz, gdy się wahają, przez które cząstki ich kolejno do siebie to przystępują, to odstepują, owszém to drganie w nich jest znaczniejsze niż w stronach.

tak jak  
strony.

Fig. 42.

Fig. 43.

### §. VIII.

Niech będzie obwód ADBE twardy i sprężysty, którego szrodek jest C, szednica zaś DE do drugiey szednicy AB prostopadła. Rzeczona obwód w jakikolwiek sposób zawiesiwszy, gdy ją wewnątrz na A uderzamy, w owém miejscu na kształt blachy prostej sprężystej zawieszonę, nąbardziej się wygina, a zatem z okrągłej oamiennia się w podługowatą od A do B.

Jak drga  
dzwoń  
i inne cia-  
ła podobne

Fig. 44

K

Za-

Zaczém sprężystością swoią potém nie tylko do dawného kształtu powraca, ale punkta A i B, bliższy ieszcze niż zrazu do siebie przystępują, tak dalece, że obręcz znowu się robi podługowatą, ale ku stronie DE: zaczém odległości AB i DE na przemiany iuż się powiększają, iuż zmniejszają, i tym to sposobém obręcz drga, z czego się okazuje iakim sposobém dzwony naczynie szklanne, i inne tym podobné ciała, które niby z wielu obręczy iedne na drugie włożonych składają się, dzwiek czynią gdy w nie uderzamy.

## §. IX.

Gdy się w stronie zmniejszą albo długość albo grubość, albo gdy ią większą siłą natężamy, też strona zawsze daie ton ostrzejszy niż piérwéy dawała, z czego się pokazuje, że tém wyższy iest ton, im strona prędzcy drga, a tém niższy, im wolniéy drga (§. 5.). Zaczém wysokość każdégo tonu, zawista od liczby drgań w pewnym czasie odbywających się.

Wysokość tonów zawista od liczby drgań czyli wahan w pewnym czasie odbywających się.

Gość albo grubość, albo gdy ią większą siłą natężamy, też strona zawsze daie ton ostrzejszy niż piérwéy dawała, z czego się pokazuje, że tém wyższy iest ton, im strona prędzcy drga, a tém niższy, im wolniéy drga (§. 5.). Zaczém wysokość każdégo tonu, zawista od liczby drgań w pewnym czasie sprawionych, tak dalece, iż gdy wzruszenia powietrza od ciała brzącięcego sprawioné aż do uszu naszych dochodzą, my z saméy równości przeciągów czasu, w których owé wzruszenia iedné po drugich następują ton a nie dzwiek słyszemy (Wstęp X. 28.). Przeto gdy dwie strony brzącieć razém różné wydają tony, można będzie wynaléźć stósunek między temiż tonami, to iest, stósunek mié-



zywamy *osemkami* (octava) iest więc pierwszy względem drugiego osómką niższą, a drugi względem pierwszego osómką wyższą. Ton, który co do liczby drgań iest względem drugiego iak 2:3 nazywa się *piątką większą* (quinta major) tego ostatniego; kiedy zaś iak 4:5 *trójką większą* (tertia major); kiedy 5:6 *trójką mniejszą*; kiedy 3:4 *czwórką większą* (quarta major), kiedy 5:8 *szóstką mniejszą* (sexta minor) i t. d. I té to tony nazywają się *czystými* czyli *całkowitými*: są inné nieczyste, czyli *umiarkowane* (interval impura vel temperata) które albo nie dochodzą całkowitych, albo ié przewyższają, i té w brzmieniu zdają się prawie nic nie dochodzić od całkowitych. I tak *piątka większa* względem swego głównego tonu nie iest zupełnie w stósunku 2:3, ale  $2\frac{1}{8}$  czyli 2:2,9999; chociaż zaś wszystkié prawie tony wyiawszy osómkę na zwyczajnych narzędziach muzycznych nie są ze wszystkiém całkowite, wszelako uszom naszym są przyjemné. Skąd wnieść musimy, że przyjemność niektórych tonów muzycznych razém słyszanych nie pochodzi od prostości ich stósunków czyli całkowitości (\*).

## §. XI.

(\*) Dla dokładniejszego rozpatrzenia się i obiaśnienia w téj materji może Nauczyciel, gdy znajdzie sposobność, udać się do książki iakiéy o Mu.



## §. XI.

Strony nazywają się zgodnemi (chordæ harmonicæ) gdy tony od nich wydane są w stosunku 1:1, albo 1:2 albo 1:3 albo 1:4 albo 1:5, albo 1:6 i t. d. Doświadczenie zaś pokazało, że takie strony, gdy są blisko siebie, poruszywszy jedną, która w tym razie będzie główną i inné natychmiast drgać zaczynaia; drugie zaś strony z pierwszemi niezgodné nie się nie wruszaia, choć są bliższemi strony główny. I to jeszcze strony wyższego tonu wahają się tylko, gdy główną stronę poruszamy, lecz strony niższego tonu tak się poruszaia, iakby ie na części równé przedzielały iakie punkta nieruchomé albo węzły, z których części każda z osobna w takowymże czasie drga, w jakim i główna strona. Ton wyższy, który się ma do tonu głównego iak 2:1, iest osómką pierwszą, ten który, iak 4:1, osómką drugą, ten który iak 3:1 albo iak  $3 \times 2: 2 \times 1$  osómką piątki większy, a który iest, iak  $5:1 = 5 \times 4:4 \times 1$  zowie się osómką drugą tróyki większy tonu głównego (§. 10.). Podobnymże sposobém ton niższy, który się ma do tonu głównego iak  $1:3 = 1 \times 4:4 \times 3$ , iest osómką drugą

czwór-

Strony  
zgodné.

---

o Muzyce n. p. Pana D'Allemberta lub Rousseau, aboli téż do znaiącego dokładnie muzykę, z Uczniami zaś niecháy się obszérniéy w téy materyi nie rozwodzi, ale niech tylko ogólny im tego obraz wystawi.

czwórki mniejszy, ten który, jak  $1:5 = 1 \times 8:8 \times 5$ , jest osómką trzecią szóstki mniejszy tonu głównego (§. 10.). Nau-  
cza zaś doświadczenie, że coraz z tonem  
iedno brzęmiącym i osómkami tonu główne-  
go słyszeć się dają osómkę wyższą piątki  
i trójki większy, iako też i osómkę niższą  
czwartki i szóstki mniejszy, i wraz ustają  
z tonem głównym. Wszakże tony te różne  
razem słyszané pospolicie słabé są.

## §. XII.

Wykład  
brzmienia  
stron zgo-  
dnych.

Jeszcze Galileusz doświadczył, że i  
znacznie ciężkie wahadło lekkim dmu-  
chaniem widocznie poruszane być może,  
ieżeli to dmuchanie zawsze się dzieje  
w równych czasu przeciagach, w tak  
wielkich, iakich wahadło potrzebuie do od-  
bycia iednego wahanía całkowitego. Lecz  
ieżeli rzeczóné przeciagi czasu większe  
są albo mniejsze, wtedy dmuchaniem  
wahadło znacznie się nie porusza. Stąd  
się okazuie, że gdy strona główna za ka-  
żdém wahaníem pędzi powietrze na bliz-  
kie strony, tedy strony téż podobnym  
sposobém iak wahadło owém bardzo ma-  
łym powietrza uderzaniem znacznie się  
poruszają, a to wtedy, kiedy téż uderza-  
nia powtarzane są zawsze zgodné z ruchém  
stron; przeciwnie zaś dzieje się, gdy ude-  
rzania takowe są przeciwné i niezgodné  
z drganiem ich. Toż samo się prawdzi  
i na innych ciałach sprężystych; i tak na-  
czy-

ezyńia szklanné częstokroć znaczny dźwięk wydawaia, będąc zbliżone do ciał brzmiających, owszém niekiedy kruszą się od tego.

## §. XIII.

Wystawmy sobie w myśli, że iaki dzwon iest podzielony na obręcze bardzo cienkie i od podstawy równo odległe, i że żadnego między temi obręczami nie ma spoienia, a iawná iest rzecz, że każda z takowych obręczy iest na kształt strony napiętej, i ton iey zawisł od szerokości i grubości, tak właśnie iako i ton zależy od iey długości i grubości (s.). Zaczém gdy wszystkie obręcze, takiemi są w swojej wielkości, iż w równym czasie swoje wahanie osobné odbywaia, poruszywszy razém wszystkie w jednakowy sposób wszystkie także iednakowo ściagać się i rozciągać razém będą i w jednymże czasie wszystkie oraz iednakowy ton wydadzą. Gdy więc wszystkie obręcze w ten sposób drgać mogą nawet w tén czas, gdy są spoione z sobą, iawná iest rzecz, iż dzwon cały w tén czas nawet gdy iego części są złożone tymże sposobém brzmi i ténże ton wydaie, który pojedynczé iego obręczki wydaia każda z osobna, lecz daleko mocniejszy. Ta rzecz potwierdza się nawet przez doświadczenie, gdy ténże sam ton słyszemy, gdy w dzwón szklany iakim pręcikiem mocno uderzamy, bądź lekko igłą tylko po nim drapniemy. Gdy bowiem

Części  
dzwona  
dźwięk wy  
daiącego,  
iż iakoby  
strony zgo  
dué.

wiem po dźwięnie igłą drapiemy, niektóre tylko obręcze tego bardzo mało wzruszają się, lecz gdy go mocno uderzymy w jakie miejsce, uderzanie w krótkim czasie rochochodzi się po całym dzwonie, i każda z osobna obręczka dla spoięnia swojego z innymi, tak się wzajemnie poruszają, iak strony sobie blizkie brzmią przez poruszenie pośredniego między sobą powietrza (12.). Zaczem jeżeli obręcze zgodne drganie drugich powiększają, słyszymy ton mocny często z innymi tonami zgodnemi pomieszany i cały dzwon za ustaniem bicia przez niejaki czas znaczny drgać i brzmieć nie przestaje. Lecz jeżeli mało jest zgodnych z sobą obręczy, uderzywszy w dzwon, wychodzi tylko dźwięk z wielu tonów słabych, bardzo różnych między sobą złożony i ruch jednéy obręczy ruchem drugiéy przytłumia się, t. k. dalece, że gdy uderzenie przestaje, i dźwięk natychmiast razem ginie, co się zdarza w tym razie, gdy dzwon jest splekany w jakim miejscu, a zatem ma wiele obręczy rozerwanych; gdyż obręcz rozerwana, ani jednakowym sposobem ani w takim czasie nie może się wahać, w którym obręcz nie zepsuta swoje drganie odbywa.

## §. XIV.

Podobnie się dzieje i z innymi ciałami Które ciała tęgiemi, które znacznie są sprężyste; gdyż ich cząstki są nakształt stron napiętych,

tych, w których na ten czas tylko postrze-  
gamy znaczną sprężystość, gdy są nateżo-  
ne. Zaczem też wszystkie ciała, takie <sup>tegoż waha</sup>  
uderzone, albo ton daia <sup>ia ton, gdy</sup> albo dźwięk, i <sup>w nie ude-</sup>  
wysokość tonu w nich zawisła od grubości <sup>rzamy.</sup>  
ich i długości. Ogólnie zaś mówiąc ciała  
albo zbyt długie lub nad to grube, albo nad  
to szczupłe lub krótkie, uderzone nie daia  
tonu, bo albo bardzo powoli cale drgaia,  
albo bardzo prędko (§. IX). Lecz jeżeli  
przyzwolą maia grubość i długość, a ta-  
ki kształt, że się wiele części w nich znaj-  
duie z sobą zgodnych, daia ton, że zaś nie  
może to bydź, ażeby zgoła wszystkie ich  
części, w tymże samym czasie razem  
drgały, ton, który wydaia, pospolicie  
zmieszany iest z różnemi stronami zgo-  
dnemi, a dosyć wydatnemi. Jaki bywa  
ton dzwonów, iako też graniastopów  
stalowych przydłuższych na nici zawie-  
sanych. We wszystkich ciałach przygrub-  
szych nayduia się cząstki niezgodne so-  
bą, lecz jeżeli ich liczba względem części  
zgodnych iest bardzo mała, w takim razie  
ani dźwięk od nich wydany do uszu na-  
szych dochodzi, ani ich ruchem drgania  
części zgodnych znacznie osłabione bydź  
mogą.

## §. XV.

Wszelkie drzewo składa się z włókien  
różna grubość i sprężystość mających, Drzewo  
które są spoione inną materią, ani tak  
sprę-



sprężystą ani tak tęgą jak są samé włókna.  
 Zaczem gdy te włókna lubo razem drgają  
 wcale w przeciągach czasu bardzo róż-  
 nych, przeto drzewo za uderzeniem  
 w nie, nie wydaje tonu ale tylko dźwięk,  
 który iednak do natężenia tonów pospoli-  
 cie bardzo jest zdalny. Jeżeli bowiem  
 dosyć nie wielką mają w sobie grubość,  
 wszystkich tego włókna, w nieaki sposób  
 drgać mogą, i za uderzeniem od powietrza  
 wzruszać się tym sposobem, w którym się  
 wzruszają strony brzmieniem tonu głó-  
 wnego (§. 11.). Ze zaś włókna bardzo  
 różną mają sprężystość i grubość, każdy  
 ton bliżki bądź jest wyższy bądź niższy,  
 znajduie dla siebie niektóre włókna zgo-  
 dne w drzewie, których wzruszeniem  
 natęża się. Z téj przyczyny w narzędziach  
 muzycznych pod stronami prawie zawsze  
 znajduje się drzewo cienkie, wydrążone,  
 przez które tony stron niewymównie się  
 powiększają.

## §. XVI.

Różnica  
 między  
 głosami ie-  
 dnakowey  
 wysokości  
 w różnych  
 ludziach i

Każdy ton iakiżkolwiek poiedynczym  
 się wydający z wielu tonów jest złożony.  
 Albowiem nie tylko owe części samé ciała  
 brzmiącego, od których ton pochodzi od-  
 miennie wysokie dają tony (§. 15.) ale  
 nad to i innych części bardzo wiele,  
 owszem inné ciała bliżkie na około, po-  
 nieważ niemal wszystkie są sprężyste,  
 wstrząsają się pospolu i własne dźwięki  
 w ró-

w różney wysokości dają, które to dźwięki wszystkie z dźwiękiem głównym w uchu naszym zupełnie mieszané, gdy są względem niego bardzo słabé, od tegoż tonu głównego rozeznane być nie mogą, ale nadaia mu iakowas własność, której słowami wyrazić nie można. I tak dobrze rozeznaiemy tony równie wysokie, które różne narzędzia muzyczne wydaia, owszem i głosy różnych ludzi iednakowo podniesione albo zniżone; ponieważ pomieszanie to różnych dźwięków pierwiastkowych w każdym głównym dźwięku słyszany, koniecznie nieoddzielne od narzędzia muzycznego, oraz i głosu człowieka, inné jest w jednym a inné w drugim.

narzę-  
dzia.

### §. XVII.

Strona gdy brzmi, bardzo prędko drga, gdyż tak zwolna drgając, iżby iey drgania pod widzenie podpadać mogły żadnego dźwięku nie wydaie. Nie tylko zaś strona w prost leżaca drga, ale i w koło stożona. Tak blacha stalowa cienka kształtu węzokrętego, iednym końcem utkwiona, jeżeli iey drugi koniec siłą zewnętrzną ciagniemy, za ustaniem siły ciagnącey, drgać zaczyna. Że bowiem siła zewnętrzna iey zakręty sciąga, sprężystość natychmiast wywierac się zaczyna, i przywodziac blachę do dawnego kształtu (Wstęp X. 3.) za ustaniem siły zewnętrzney też zakręty zno-

Dróćnik wę-  
zokręty dla  
czego się  
znayduje  
pod waga-  
ruchem  
w zegar-  
kach kie-  
szonko-  
wych czy-  
li spręży-  
ną.

znowu rozprzestrzenia. Ale zakręty zabawiające się prędkością nabytą dalej za swe położenie pierwsze wychodząc, taż sama siła sprężystości znowu ściągają, i tym to sposobem blacha kołysze się ścisnaniem i rozszerzaniem kolejnym swoich zakrętów. Ze zaś drgania blachy są bardzo podobne do wahań w stronach, a zatem i w równym czasie każde z nich dzieje się, jeżeli są bardzo małe, przeto można ich użyć do umiarkowania ruchu w zegarkach kieszonkowych, w których dla tego do osi wagoruchu, ieden koniec drótu stalowego, wężokrętego, jest przyprawiony, drugi zaś do skazówki pod wagoruchem będącący. Gdy bowiem wagoruch raz przed się, drugi raz wstecz idzie, ściągają téż albo rozszerzają kolejno zakręty drótu, ale wzajemnie przez moc drótu wagoruch raz wyprost, pociągniiony, drugi raz wstecz cofany bywa. Gdy tedy drót swego ruchu odbywać nie może, tylko w przeciągach czasu równych, więc do iednostajnego biegu zegarkowi poma. Hugeniusz był pierwszy, co tym sposobem zegarki kieszonkowe poprawił, Jemu także winniśmy wynalazek zegarów wahałych w Astronomii bardzo użytecznych.

### § XVIII.

Im bardziéj ścisniają się kółka rzeczowego dróta stalowego, tém bardziéj po większą się iego sprężystość; z téj przyczyny

Zegary ze  
sprężyną

czynny skazówka, do której iak mówili-  
śmy ieden koniec drótu iest przyprawio-  
ny, w tén sposób iest ruchoma, że drót,  
gdy skazówka w jednę stronę porusza się,  
bywa ściśnioną, a tén samém spieszniéy  
się waha, gdy zaś w drugą stronę skazów-  
ka idzie drót się opuszcza i powolniey  
wahania swoje odbywa. I tym to sposo-  
bém bieg zegarka, gdy iest powolniejszy  
albo prędzsy niż potrzeba, może być po-  
prawiony. Ale ogólnie mówiąc tén stało-  
wy drót wężokręty nie z taką mocą w o-  
brót kółek zegarkowych wpływa, z jaką  
wahadło; bo gdy zatamuiemy ruch wa-  
hadła, zegar natychmiast idź przestanie;  
lecz w zegarku kieszonkowym wogoruch  
zatrzymawszy palcém, skoro palec odey-  
miemy zegarek natychmiast idź zaczy-  
na. Przeto bieg zegaru bez wahadła, ni-  
gdy nie iest tak iednostayny iak z waha-  
dłem. Poprawił wprowadzie przed kilka  
laty Zegarmistrz Angielski Harisson zega-  
ry nie mającé wahadła, iednakowoż zdaie  
się iż ich nie doprowadził ieszcze do tego  
stopnia doskonałości, na którym są zegary  
wahalne.

nie tak idą  
iednostay  
nie iak zē-  
gary wa-  
halné.

## R O Z D Z I Á Ł II.

### *o uderzaniu się ciát.*

#### § I.

Między przyczynam, od których albo  
nowé biegi pochodzą, albo iuż będącé od-  
Kiedy dwa

ciała uderzają o siebie.

Fig. 45.

mieniaia się, uderzanie się ciał policzyć trzeba, uważać tu zaś będziemy samo tylko ciał o siebie uderzanie, bez względu na tarcie, na opór powietrza, na sprężystość, na ciężkość i wszelką inną przyczynę zewnętrzną. Zaczém ciało A, które bieży kierunkiem AD, a nie podlega działaniu żadnej siły zewnętrznej, nie odmieńni ani prędkości swojej, ani kierunku, ale będzie jednostajnie dla swęj bezwładności linią prostą (Xię. I. Roz. II. 2.); i chociażby téż ciało A stykało się z innym ciałem B, przez to nie poniesie żadnej odmiany w swym biegu byleby ciało B w jednakim z nim kierunku, równą albo większą jeszcze prędkością biegło. Lecz jeżeli prędkość ciała B kierunku AD, albo mniejsza jest niż prędkość ciała A, albo całe żadna; ciało A, skoro się zetknie z ciałem B, żadną miarą dalej będzie nie może bez odmiany swego biegu, bo każde ciało jest nieprzenikliwe (Wstęp XV. 10.) a tak dzieie się iż uderzenie i bieg ciała A odmianie podpadać będzie przez uderzenie się o ciało B.

## § II.

Przez uderzenie się dwóch ciał, bieg Działanie ich odmianie podpaść może wtedy, kiedy (często) jedno ciało względem drugiego jest wyrównywa odpow. przyczyną zewnętrzną biegu. Summę zaś biegów obu ciał ku stronie AD otrzymamy, gdy bieg ciała A dodamy do biegu ciała



ciała B (Xię. I. Roz. I. 2.) i ten to bieg ani przez ciało A, ani przez ciało B rowi (ra-actio). w szczególności, lecz tylko przez się ze-wnętrzną odmiennym być może (Xię. I. Roz. III. 2.) Zaczém ponieważ wszelką przyczynę takową za oddaloną mieć chcieliśmy, jawna jest rzecz, iż ta summa przez uderzenie się ciał A i B bynajmniej się nie odmienna, ale taż sama została po uderzeniu, która i przed uderzaniem była. Zaczém bieg w stronę AD, który przez uderzenie w cieło A ginie, cały w ciało B przechodzi, a zatem i tego ciała stan przez ciało A, jako przez przyczynę zewnętrzną odmienna się. Zaczém we wszelkiem uderzaniu działanie ciała uderzającego A wywarté na ciało uderzone B łączy się z odporem ciała uderzonego B wywartym na ciało uderzające A, i ten odpór zawsze jest równy działaniu, bo całe tyleż z biegu w tymże samym czasie uymuie się jednemu ciału, ile się dodaje drugiemu.

## § III.

W uderzaniu o siebie ciał náybardziej względ mieć potrzeba na téich powierzchniach któremi się dotykają i trącają. Niech będzie AB powierzchnią jednego ciała w które drugie ciało uderza w punkcie C, kierowaniem DC do AB ukośném tak, żeby kąt DCB był ostry, jawno jest, że to ciało, którego powierzchnią jest AB nie całému

Uderzanie się w prost i na ukoś.

Fig. 46.

temu biegowi DC punktu uderzającego czy-  
 ni przeszkodę działaniem swoim; gdyż  
 poprowadziwszy linią DB do linii AB  
 prostopadłą, i wykreśliwszy prostokąt  
 DECB, bieg DC można rozdzielić na dwa  
 biegi EC i BC, a zatem te dwa położyć  
 zamiast tamtego. (Xię. I. Rozd. I. 10.)  
 A że bieg BC, ponieważ tu żadnego tarcia  
 nie przypuszczamy, całe żadney przeszkod-  
 zie nie podlega od powierzchni BA, prze-  
 to przez uderzenie odmienny byź nie  
 może. Zaczem tylko bieg EC cierpi prze-  
 szkodę, i przez uderzenie się ciał odmianie  
 podpada, gdyż iego kierowanie EC ze  
 wszech stron jednakowo do płaszczyzny  
 nachy one żadney zgoła nie daie przyczy-  
 ny, dla którejby punkt uderzający, które-  
 mu ten ieden bieg służy, raczey w tę niż  
 w inną szedł stronę, tak dalec, iż rzeczo-  
 nym biegiem na powierzchni AB cale po-  
 stępować nie może. To samo będzie  
 choćby powierzchnią, w którą uderzamy  
 była krzywą, a płaszczyzna AB stykała  
 się z nią w punkcie uderzenia C. Zaczem  
 powierzchnią płaską, w którą uderzamy  
 albo płaszczyznę, którą się dotyka po-  
 wierzchni obydwóch ciał uderzających się,  
 w punkcie ich uderzenia się wzajemnego  
 nazwawszy *płaszczyzną uderzenia* (plan-  
 um collisionis) ten tylko w tym razie bieg  
 odmienna się przez uderzenie, który ma  
 kierunek prostopadły do takowey płasz-  
 czy-

czyżay. Jeżeli zaś kierunek biegu w jedném ciele to jest: albo w uderzającym albo w uderzoném w obu znajduje się do płaszczyzny uderzenia prostopadły, uderzenie takowé nazywa się proste (*collisio directa*) względem tegoż ciała, jeżeli inaczej ukośné (*obliqua*): można bowiem toż samo przystósować do ciała uderzającego, cośmy powiedzieli o ciele uderzoném: bo w samy i. t. c. jedno ciało daje odpór drugiemu z taką siłą, z jaką uderzone bywa (z.).

## §. IV.

Rozróżnić więc należy w uderzeniu ukośném bieg ciała uderzającego od biegu uderzenia, to jest, od biegu który się odmięnia przez uderzenie (gdyż bieg ciała ukośnie uderzającego rozbięra się na dwa biegi: jeden uderzania, drugi nie odmięniący się przez toż uderzenie): w uderzeniu zaś prostém bieg ciała uderzającego, jest razem biegiem uderzenia; a zatem i kierunek jego jest kierunkiem tegoż uderzenia, gdyż kierunek biegu uderzenia nie może bydz co innęgo, tylko kierunek samęgo uderzenia. Jeżeli kierunek ten przechodzi przez szrodek ciężkości ciała uderzającego lub uderzonęgo, (to jest przez ow punkt który szrodkiem ciężkości staie się, skoro tylko ciało bierzemy za ciężkie) na tén czas uderzenie jest szrodkowe (*collisio centralis*) względem tegoż ciała: jeżeli zaś inaczej się rzecz má, toż uderzenie jest mi-

Uderzenie  
się szrod-  
kowe i mi-  
moszrod-  
kowe.

miosrzodkowe (excentrica). Jeżeli rze-  
czony kierunek przechodzi przez szrodek  
ciężkości w obydwóch ciałach, uderzenie  
też obydwóch ciał jest szrodkowe; jeżeli  
się inaczej dzieje, uderzenie albo w jed-  
nem albo w drugim; albo w obydwóch  
mimosrzodkowe. Tak w kulę iednoro-  
dną nawet z ukosa, nie można uderzyć  
inaczej, jak tylko szrodkowo (centraliter)  
w kulę zaś różnorodną chyba mimoszrod-  
kowo (excentricę); gdyż linia prosta  
do powierzchni linii prosopadła, wszę-  
dzie do szrodka kuli zmierza, a zatem i  
przez szrodek ciężkości téżże kuli prze-  
chodzi, skoro kula jest iednorodną; lecz  
pomija szrodek ciężkości w kuli różno-  
rodnej, w której szrodek ciężkości nie  
tam jest, gdzie szrodek kuli przy-  
pada.

## §. V.

Jeżeli ciało BEAD biegiem postępnym  
na linii BA punktem A wpada na ciało  
nieruchome F, tenże punkt A pierwszy  
między wszystkimi innemi punktami cia-  
ła, bieg swój traci, a zatem w czasie ude-  
rzenia brać go należy za punkt nierucho-  
my, zaczęm inné punkta wcale wywierają  
na siebie wzajemne siły z pewnem natę-  
żeniem, bo razém wszystkie tymże samym  
kierunkiem BA z równą prędkością już  
wycęły bieżć nie mogą. Są zaś biegi po-  
stępne we wszystkich cząstkach ciała ude-  
rzaią-

Skutek u-  
derzenia  
szrodko-  
wego.

Fig. 47.

rzuciącego (ponieważ z jednakową prędkością idą) iak tychże cząstek miąższości (Xię. I. Rozd. II. 5.) a zatém i té siły, któremi naprzeciwko sobie wzajemnie działają, i naprzeciwko ciała F, iako swój początek biorące, iedynie od rzeczonych biegów są w tymże samym stósunku. Zaczém téż siły tak się mają, iak siły ciężkości, które téż są w stosunku miąższości (Xię. II. Rozd. II. 1.). Zaczém ciało uderzające chociaż w niniejszych badaniach (1.) bierze się za bieżącą, z tém wszystkiém na iedno to wypadła, iak gdyby ciężżyło w kierunku BA i było podparté w A. Jeżeli więc linia prosta AB przechodzi przez szrodek ciężkości ciała C, to iest: jeżeli uderzenie iest szrodkowé, całe się ciało zastanowi, i całkowitą siłą swoją, iakby zebraną w C, działać będzie na ciało F. Lecz jeżeli O iest szrodkiem ciężkości ciała, za linią AB położonym, a zatém jeżeli uderzenie iest mimoszrodkowé, co do ciała uderzającego, część iego ADB pójdzie w górę kierunkiem AB, druga zaś część AEB na dół opadnie (Xię. II. Rozd. III. 7.

### §. VI.

Stąd łatwo przekonać się można, że przez uderzenie szrodkowé w żadném ciele inny bieg powstać nie może tylko bieg postępný: bo iakakolwiek iest prędkość szrodka ciężkości w ciele BDAE skoro tylko ten szrodek ciężkości przez

Przez uderzenia szrodkowé inny bieg powstać



nie może  
tylko bieg  
postępny.

uderzenie szrodkowe traci prędkość  $C$ , i wszystkie inne tegoż ciała punkta równą tracą prędkość, a zatem bieg stracony w tym razie jest biegiem postępnym. Lecz jeżeli szrodek ciężkości  $C$  ciała BDAE przez uderzenie traci prędkość  $C$  w stronę  $BA$ : na ten czas w istocie samę nabywa prędkości  $= -C$  w stronę przeciwną  $AB$ . Zaczem jeżeli szrodek ciężkości innego ciała przez uderzenie szrodkowe nabywa prędkości  $C$ , i  $AB$  jest kierunkiem tego nowego biegu, rzecz jasna, iż przez toż uderzenie i inne punkta w wiele równey prędkości  $C$  nabywają, ku téż samej stronie, a zatem każdy bieg od uderzenia szrodkowego pochodzący zawsze jest biegiem postępnym. Zaczem wszelkie ciało bądź uderzające, bądź uderzone przez uderzenie szrodkowe, innego biegu nabydź nie może, oprócz biegu postępnego, a zatem jeżeli przed uderzeniem albo spoczywało albo biegło, po uderzeniu też podobnie albo spoczywa, albo biegiem postępnym uchodzi.

### § VII.

Uderzenie  
proste i  
szrodko-  
we ciał ie-  
dnym kie-  
runkiem  
bieżących.

Dwie kule jednorodne i równe inaczey o siebie uderzać nie mogą, tylko wprost i szrodkowo, byleby obydwa szrodki po iednę linię prostę biegiły. Przypuśćmy, że dwie kule jednorodne i jednakowey wielkości bezciężkie w rzeczony sposób po płaszczyźnie geometrycznej

jedno-

jednostaynie się toczą bez żadnego tarcia i oporu od powietrza, a potem jedna w drugą uderza. Niech będzie kuli uderzającej miąższość  $A$ , prędkość  $P$ , kuli uderzonej miąższość  $B$ , prędkość  $Q$ , a będzie  $AP + BQ$  zbiór biegów przed uderzeniem (Xig. I. Rozd. I. 2. Rozd. II. 8.). Że zaś przez uderzenie prędkość jednego ciała ciągle się zmniejsza, drugiego zaś pomnaża (2.) aż poki każda z nich nie stanie się równą prędkości  $C$ ; to wtedy uderzenie ustaie (1.): będzie więc summa biegów po skończonem uderzeniu, które biegi są biegami postępiemi, (6.)  $= AC + BC$ . Zaczem  $AC + BC =$

$\frac{AP + BQ}{A + B}$  i  $C = \frac{AP + BQ}{A + B}$ . Niech się n. p. toczą dwie kule równé jedna prędkością 7, drugą prędkością 5, a będzie prędkość spólna  $C$  po uderzeniu się  $= \frac{7 + 5}{2} = 6$ . Jeżeli zaś iednéy kuli miąż-

szość  $= 2$ , prędkość  $= 7$ , drugiéy zaś miąższość  $= 1$ , i prędkość  $= 1$ , będzie prędkość obóm spólna po uderzeniu  $= \frac{14 + 1}{3} = 5$ .

### § VIII.

Jeżeli  $Q$  jest  $= 0$ , to jest, jeżeli iedna kula przed uderzeniem spoczywa, prędkość Uderzenie

kość spólną po uderzeniu jest  $= \frac{AP}{A+B}$ .  
 się prosté i szroko- Niech n. p. uderzą kula miąższości 2,  
 we dwóch z prędkością 5, w kulę spoczywającą któ-  
 ciał z któ- réy miąższosc jest = 3; a będzie prędkość  
 rych iedno speczywa. obu kul po uderzeniu  $= \frac{10}{2+3} = 2$ . Gdy-

by zaś miąższosc kuli uderzoney była nie-  
 skończenie wielka (Wstęp XV. 2.), wte-  
 dy byłaby prędkość po uderzeniu nieskoń-  
 czenie mała, to jest  $= 0$ ; gdyż tak się  
 ma ta prędkość do prędkości skończoney  
 P, iak ciało skończoné wielkości A do  
 ciała nieskończenie wielkiego  $A+B$ . Za-  
 czém miąższosc A wszelkiego biegu po-  
 zbywa się, gdy uderzą w jakie ciało mocno  
 spoioné z ziemią, która jest wielkości  
 nieskończonéy prawie względem ciał ziem-  
 skich. Iz téy to przyczyny takowé ciała  
 wszystkie, nieruchome się nazywają.

## §. IX.

Lecz ieżeli ciało B przed uderzeniem  
 bieży w kierunku wprost przeciwnym  
 się prosté i szroko- z prędkością Q, wtedy summa biegów  
 we ciał obu kul przed uderzeniem, podług kierun-  
 ków ciał bieżących ku biegowi ciała A, jest  $AP - BQ$ , a zatem  
 w kierun-  $C = \frac{AP - BQ}{A + B}$  (Xię. I. Rozd. I. §. 3.).  
 kach prze-  
 ciwnych  
 sobie. Niech będą n. p. ciał miąższości A i B iako  
 też ich prędkości P i Q równé; a wtedy  
 będzie

będzie  $C = 0$ ; a zatem po uderzeniu, oba ciała zostaną w spoczynku. Jeżeli zaś miąższość ciał oznaczona przez 2, z prędkością 8, uderzą w ciało oznaczone przez miąższość 1, które z przeciwnéj strony bieży prędkością 1, w takim razie będzie

$$C = \frac{16 - 1}{3} = 5, \text{ to iest: oba ciała po}$$

uderzeniu, w kierunku ciała uderzającego, pójdą z prędkością 5; lecz jeżeli ciało miąższości 1, poruszone prędkością 1, uderzą w ciało miąższości 2 naprzeciwko sobie iężąc z prędkością 8, w tym razie

$$\text{będzie } C = \frac{1 - 16}{3} = -5, \text{ a zatem oba cia-}$$

ła po uderzeniu pójdą w kierunku ciała uderzonego, i tak ogólnie mówiąc, w takowym przypadku prędkość spólna po uderzeniu jest w tym kierunku, który większemu biegowi przed uderzeniem służył.

### §. X.

Wszystkie ciała chociażby najtwardsze nderzywszy się mniéj lub więcéj ściskają się w części wzajemnego dotykania się, tak n. p. kula z słoniowéj kości spuszczone na tablicę oleiém nasmarowana zostawia plamę w oleiu, i to tém większą, im z wyższego miejsca spada; z czego się iawnie pokazuje, iż w rzeczonéj kuli dolną część tém bardziéj się ściska im kula z większą prędkością w tablicę uderzą.

Zaczém

Silę sprężystości sprawnie odmiannu się ciał.

Zaczém w każdém uderzeniu się nie tylko iakaś część siły zawsze ginie, którą się obraca na odmieńnięcie kształtu w ciałach, a nie na sprawiienie biegu, oraz łatwo widzimy, że té ciała, w których siła sprężystości jest znaczna, taż siłą do dawného stanu powracają, a zatém biegi ich odmieńniają się. Obaczmy więc jakim sposobem uderzenie się przez siłę sprężystości, odmieńnia się, i dla tego przypuścmy, że tylko rzeczona siła, razem ściśnięciem części w ciałach o siebie uderzonych znajdnie się a inné przyczyny zewnętrzne, któreby bieg odmieńniały, żadné zgoła nie wcho-  
dzą.

## §. XI.

Jeżeli więc kulę, którą mniemamy doskonałą sprężystą i bezcieżka rzucamy na płaszczyznę AB, którą płaszczyznę mniemamy być znowu doskonałą twardą, a kula w nią prostopadłe uderza, iawną jest rzecz, że cały bieg kuli płaszczyzną niszczy, która to płaszczyzna, że wzięta jest za nieruchomą, można ją brać za czastkę powierzchni drugiey kuli niezmiernie wielkiey (8.) i że kula pierwsza przez uderzenie ściśnięciu podlega, tak dalece, iż średnica DC zmniejsza się i po skróconém uderzeniu jest = GC (10.) Zaczém przez doskonałą sprężystość kuli punkta D i C, po uderzeniu do dawnéy odległości natychmiast powracają (Wstęp X.

Fig. 48.

6.)



6.). A że punkt C nie może być w kierunku CH, bo płaszczyzna wzięta jest za zupełnie twardą; przeto górny punkt kuli zwraca z G na D, a zatem cała kula odskakuje na téż samą linię pionową CI, po której biegła przed uderzeniem.

## §. XII.

Srzodek kuli na początku uderzenia znajdując się n. p. na O, ma całkowitą prędkość swoją to jest taką, jaką miał przedtem: prędkość ta w samym uderzeniu co raz bardziej osłabia się, a to w miarę zbliżania się tegoż środka do płaszczyzny AB. Osłabia się zaś siła sprężystości kuli, którą tém większą jest, im bardziej kula ściska się (Wstęp X. 7) czyli co jedno jest, im bardziej srzodek przybliża się do płaszczyzny uderzonej: kiedy więc srzodek kuli przyjdzie na N, siła sprężystości będzie jak ON, kiedy przejdzie na P, jak OP. Ale jeżeli wtedy kiedy srzodek jest na P, wszystkie bieg kuli ustaie, ustać też musi w tymże momencie i bieg ię środka, a zatem siła sprężystości natychmiast go stamtąd cofać pocznie aż do O. Widzimy więc, że w tym razie ruch środka kuli wcale tenże sam jest, co i ruch punktu średniego strony (Rozd. I. 3.) to jest waha się. A tak tedy przyszedłszy na zad do O odzyskuje prędkość, którą miał przed uderzeniem, a tém samym i cała kula z tą samą prędkością odskakuje od płasz-

Kula dosko-  
nale sprę-  
żystą, z ja-  
ką prędko-  
ścią ude-  
rza się  
o płaszczy-  
znę twar-  
dą nieru-  
chomą,  
z taką od-  
nię od-  
skakuje.

płaszczyzny, z którą o nią się uderzyła. Cząsy też wahań kuli zawsze będą równe, gdyż miejsce OP, zawsze jest nader małe, (acz w rzeczy samej większe lub mniejsze jest podług większej lub mniejszej siły uderzenia). Czas więc całkowitego uderzenia zawsze będzie równy w téjże samej kuli, bądź ona mocniej, bądź słabiej uderza płaszczyznę AB, to jest bądź większy bądź mniejszy ścisnąć się na téjże płaszczyźnie AB, ponieważ czas ten jedynie zawisł od siły sprężystości kuli.

## §. XIII.

Damy, że dwie kule doskonale sprężyste bieżące prędkościami C i D będącemi w stosunku odwrotnym miąższości kul M i N spotykają się z sobą wprost środkowo w O. a iawna jest rzecz, że punkt O-sólny obu ciałom w czasie trwającego uderzania żadnego biegu mieć nie może, gdyż w tym punkcie schodzą się dwa biegi równe i wprost sobie przeciwne MC, i ND (Xię. I. Rozd. I. 4.). Możemy więc wystawić sobie, iakby rzeczony punkt O padał na płaszczyznę AB nieruchomą i doskonale twardą, i że uderzenie z obu stron na téj płaszczyźnie się dzieje. Zaczém obiedwie kule odskoczą po téjże samej linii pionowej NM, i z tąż samą prędkością, z którą przed uderzeniem biegły (11. i 12.).

## §. XIV.

Uderzenie  
się kul  
spręży-  
stych ró-  
wnemi bie-  
gami na-  
glonych.

Fig. 49.

## §. XIV.

Lecz, jeżeli jedna kula sprężystą miąższości N spoczywa, druga zaś miąższości M z prędkością C w kierunku EF bieży, i w kulę N szodkowo i wprost uderza, możemy myśla wystawić płaszczyznę geometryczną CD, na którejby obie kule położone były, i któraby miała bieg postęp-

Uderzenie się kul sprężystych, z których jedna spoczywa.

Fig. 50.

ny z prędkością  $\frac{MC}{M+N}$  ku téjże stronie EF, i biegac unosiła razem z sobą obie kule, i że kula M na téj płaszczyźnie ma jeszcze bieg osobny z prędkością  $\frac{NC}{M+N}$  ku EF, a ku-

la N, bieg osobny z prędkością  $\frac{MC}{M+N}$  w przeciwną stronę w kierunku FE. Tak albowiem w samcy rzeczy biegiem składanym kula M postępuje z prędkością  $\frac{MC+NC}{M+N} =$

$\left( \frac{M+N}{M+N} \right) C = C$  w stronę EF; kula zaś N

spoczywa (Xię. I. Rozd. I. 2. i 4.). A że bieg płaszczyzny przez uderzenie nie może się odmienić, biegi zaś osobne kul mają

prędkości  $\frac{NC}{M+N}$  i  $\frac{MC}{M+N}$ , które prędkości

są w stosunku odwrotnym z miąższościami M i N, a zatem w tychże samych stosunkach-

kach zostaną, i po zaszłém uderzeniu zmieniwszy tylko w stronę przeciwną kierunek (13.), idzie stąd, że po skończoném uderzeniu kula M biegiem składanym pójdzie z prędkością  $\frac{MC - NC}{M + N}$ , kula zaś

N z prędkością  $\frac{2MC}{M + N}$ . I. tak gdy ku-

la doskonale sprężysta, miąższosci 2, z prędkością 6 uderzi prosto i szrodkowo w drugą kulę także doskonale sprężystą i spoczywającą miąższosci 4, ta po uderzeniu bieży z prędkością 4, tamta zaś odskakuje z prędkością 2.

## §. XV.

Zaczém gdy dwie kule doskonale sprężyste równych są miąższosci, a jedna z nich wprost i szrodkowo prędkością C nabięga na drugą spoczywającą, ta po skończoném uderzeniu pobieży prędkością C kuli uderzającej, uderzająca zaś na miejscu zotanie, gdyż w ten czas jest,  $MC - NC = 0$ ,  $\frac{2MC}{M + N} = C$ . Lecz gdyby kula spoczywająca miała miąższosc niezmierną, albo była nieruchomą (6.), w takim razie kula uderzająca od niej odskoczyła, tak właśnie jak oś ciała doskonale twardego i nieruchomego (11.). Albowiem jeżeli miąższosc N jest nieskończenie wielka, tedy prędkosc  $\frac{2MC}{M + N}$  staje się

nieskończenie małą, czyli zgołą, niknie (8.) a zatem kula N niewzruszoną zostaje. Ale w takim razie i różnica między  $N + M$  i  $N$ , jest nieskończenie małą, to jest żadną, tak daleką, iż bez żadnego błędu znacznego można kładz  $N$  zamiast  $N + M$ . Zaczem prędkość kuli nabięgaia-

cę po uderzeniu będzie  $= - \frac{NC}{N} = - C$ ;

z czego się pokazuje, że rzeczoną kula odskoczy z tą samą prędkością, z którą na drugą nabięga.

### §. XVI.

Niech biega dwie kule doskonale sprężyste mierzności  $A$  i  $B$  z prędkościami iakiemikolwiek  $P$  i  $Q$  w jednym kierunku, i niech jedna o drugą uderzą wprost i szrodkowo, w takim razie po skończonem uderzeniu prędkość kuli  $A$  będzie  $= AP + 2BQ - BP$ , a prędkość kuli  $B$  Uderzenie się lub sprężystość iako-  
kolwiek w jednym kierunku bieżących

$A + B$

$2AP - AQ + BQ$

Przypuśćmy bowiem,

$A + B$

że obie kule są położone na płaszczyźnie geometrycznej  $CD$ , którały postępowała w kierunku obydwóch kul z prędkością  $Q$ ; kuli uderzonej  $B$ , a iawną jest rzecz, iż przez ten sposób przy kuli  $A$  zostanie osólna prędkość  $P - Q$  na płaszczyźnie, kula zaś  $B$  na tejże płaszczyźnie spoczywać będzie.



będzie. Przypuściwszy więc że A jest  $=$  M, B  $=$  N, P  $-$  Q  $=$  C, prędkości na płaszczyznę z uderzenia pochodzące będą następujące, to jest A  $=$   $\frac{AP - AQ - BP + BQ}{A + B}$ ,

kula B  $=$   $\frac{2AP - 2AQ}{A + B}$  (14.). Dodawszy

więc do obu prędkości wymienionych spólną prędkość płaszczyzny, rzecz jest oczywista, iż po skończoném uderzeniu kula A póydzie z prędkością którą można nazwać R  $=$   $\frac{AP + 2BQ - BP}{A + B}$ , a kula B z prędkością, którą można nazwać S  $=$   $\frac{2AP - AQ}{A + B}$

$\frac{+ BQ}{A + B}$ . A tak, jeżeli kula jest miąższości 4, B+A

z prędkością 12, a uderzą w drugą kulę miąższości 6, która témże kierowaniem bieży z prędkością 3, po uderzeniu będzie tamtéj kuli prędkość R  $=$  1, 2, a téj S  $=$  10, 2, obie zaś tém samym kierowaniem póyda, którym szły przed uderzeniem.

### §. XVII.

Jeżeli kula uderzona B idzie kierunkiem wprost przeciwnym kierunkowi kuli uderzającej A, tedy prędkość téj Q jest odięmną, a zatem kula A po uderzeniu pobieży z prędkością R  $=$   $\frac{AP - 2BQ - BP}{A + B}$  a kula

Uderzenie  
kul sprę-  
żystych,  
które się

B pobieży prędkością  $S = \frac{2AP + AQ - BQ}{A + B}$

z sobą  
zbiegają  
kierunka-  
mi prze-  
ciwnymi.

Tak w przykładzie poprzedzającym, jeżeli kula 6, wprost się zbiega z kulą 4 prędkością 3, po uderzeniu kuli 6, będzie prędkość bez  $R = -6$ ; a kuli 4,  $= +9 = S$ . Zaczem w takowym razie obie kule odskakują, uderzającą z prędkością 6, a uderzoną z prędkością 9. Ale czyli kule biega temiż samemi, czyli wprost przeciwnemi kierowaniami, zawsze jednak gdy równa mają miąższość przez uderzenie odmienniają się ich prędkości i kierunek. Albowiem w ten

$$\text{czas iest } R = \frac{AP + 2AQ - AP}{2A} = +Q;$$

$$\text{a } S = \frac{2AP - AQ + AQ}{2A} = +P. \text{ tak dalece,}$$

iż po uderzeniu kula, której prędkość była  $+P$  ma prędkość  $+Q$ , kula zaś której prędkość była  $+Q$  po uderzeniu dostaje prędkości  $+P$ .

### §. XVIII.

Przez uderzenie się ciał dwoiaki się dzieje skutek, naprzód kształt ciał uderzonych choć nie zawsze co do oka odmiennia się, a potem bieg nieiaki z jednego ciała w drugie przechodzi, kształt we wszystkich przez uderzenie odmiennia się, choćby też najtwardszych (8.). Przez tę zaś odmiannę kształtu zawsze nieiaka cząst-

Dwoiaki  
skutek ude-  
rzenia.

ka biegu ginie w ciele uderzającym, która do ciała uderzonego nie przechodzi; i z téj to przyczyny, gdy się bawimy wyszukiwaniem praw biegu, zawsze przypuszczamy, że ciała które się uderzają, jeżeli nie są doskonale sprężyste, przynajmnięj doskonale twardemi być muszą, co jest, że przez uderzenie tak mało się ścisniają, iż przy odmianie swiego kształtu: dnuć znaczney cząstki z swego biegu nie tracą. Lecz jeżeli ciała są doskonale sprężyste, bieg który przy odwołaniu kształtu ginie, natychmiast znówu się przywrócić w obu ciałach, chociaż w kierunku przeciwnym, tak dalece, że nawet i w tych ciałach, których prawa uderzenia, dopióro *Hugeniusz* i *Wreniusz* odkryli, summa biegów jednego kierunku tak sama zostaje po uderzeniu, która i przed uderzeniem była; jeżeli zaś ciała, albo zgoła sprężystości nie mają, albo tylko mało co są sprężyste, summa biegów jednakowego kierunku zawszeznacznie się zmniejsza uderzeniem, chyba że toż uderzenie hardzo, jest małe: wtedy bowiem, chociaż toż uderzenie ustawicznie się powtarza, przecięż wszelki bieg z jednego ciała w drugie przechodzi, bo w takowym razie kształt w ciałach prawie nieskończenie mało się odmienia. Ale im z większą prędkością jedno ciało na drugie nabięga, tém téż większą część biegu ginie, a w uderzeniu tak mocném, przez

przez które się ciała rozsypują, żaden bieg często nie powstaje, bo cała siła ciała uderzającego obraca się tylko na odmianną kształtu i na rozerwaniu części ciała uderzonego. Toż samo się prawdzi, gdy iakiś cieło ciągniemy a nie uderzamy. Stąd łatwo wyrozumieć można, iż prawa uderzenia, które wyżej przywiedliśmy pierwszy raz odkryte przez *Walizeusza* w ten czas tylko mają miejsce gdy kształt ciał uderzeniem znacznie się nie odmięnia, to jest, gdy uderzenie jest bardzo małe, albo gdy bieg, który w ciełe uderzającym ginie, jest nieskończenie mały.

## §. XIX.

Z téy przyczyny położywszy kulę iaką na tablicy pozioméy, gdy ją zwolna iakiém ciałem ciężkiém i kruchém popychamy n. p. rurką glinianą, albowi téż gdy ją poinału ciągniemy nicią cienką, za czasem możemy iéy wielką dać prędkość: przeciwnie zaś, jeżeli rzuconą kulę mocno pociągniemy albo popchniemy, nic się zerwie albo rurka się złamie, a kula albo mało co się poruszy albo wcale nic. Podobnymże sposobem, rurka gliniana albo inną rzecz iéy podobną, położoną na dwóch naczyniach szklanych, gdy w nią mocno uderzamy, kruszy się, a naczynia nie poruszone zostają, lecz gdy zwolna uderzamy, rurka cała zostaje, a naczynia albo się wywracają albo tłuką. Tak i kule z dział wojen-

Przykłady  
obu rze-  
czonych  
skutków.

M

nych

nych wystrzeloné, gdy uderzają w ciała dziurawią je albo kruszą, a ledwie co z miejsca wyruszają.

## §. XX.

Jeżeli kula doskonale sprężystą i jednorodną uderza na płaszczyznę AB nieruchomą a doskonale twardą albo zupełnie sprężystą tak, iżby srzodek rzeczony kuli szedł kierunkiem EC pod kątem ECG nachylonym do linii CG równoległym do płaszczyzny AB, tedy bieg EC, z którym ten srzodek uderza płaszczyznę rzeczoną, rozebrać się może na dwa biegi, to jest na CG, GE czyli FC. Dopełniwszy bowiem prostokąt CG EF, iasno się pokazuje, iż kula ma razém dwa biegi, iedén FC, prostopadły do płaszczyzny AB, drugi GC równoodległy od téjże płaszczyzny, z których biegów poslední uderzeniem odmiéniony byđź nie może; gdyż kula, gdyby ten tylko bieg miała nie uderzyłaby się o płaszczyznę: drugi zaś bieg FC uderzeniem się odmiénia na bieg równy i wprost przeciwny (15.). Zaczém wykreśliwszy prostokąt FCIH, podobny i równy prostokątowi FC: EG, iawną jest rzeczą, że kula po uderzeniu postępuje odmiénionym biegiem CI = CG, ku J, i razém biegiem CF ku F. Zaszém srzodek kuli będzie po linii CH, to jest odbicie się kula od płaszczyzny tak, iż kąt ECF uderzenia, równy jest kątowi HCI odbicia, a oba té

Fig. 51.

kąty



katy na iednέyże płaszczyźnie leżą, jeżeli zaś bądź kuli C, bądź płaszczyzny AB, bądź obu sprężystość iest niedoskonała, pewną tylko część n. p. CL biegu całkowitego EC znowu się przywraca siłą sprężystości: a zatem poprowadźmy linią ML równoodległą od płaszczyzny, poznać można że kula odskoczy wprawdzie kierowaniem CM, ale pod kątem MCI, mniejszym niż ECG, wreszcie każdy widzi, iż uderzenie rzeczony kuli było ukośne, bo kierowanie ię do płaszczyzny iest ukośne (3.) a iednak szrodkowe, gdyż linią DC, do płaszczyzny uderzenia prostopadłą przez szrodek ciężkości kuli przechodzi (4.).

## §. XXI.

Od uderzenia mimoszrodkowego zawsze nieiakie wahanie pochodzi. Niech się albowiem uderzaia dwa ciała w punkcie B tak, iżby szrodek ciężkości C, ciała uderzonego przypadai za kierunkiem uderzenia BD. Daymy, że na płaszczyźnie przechodzący przez ténże kierunek BD i przez szrodek ciężkości C, poprowadzona iest linia FG do linii BD prostopadła, a iawna iest rzecz, iż przez uderzenie ciałem A, drugie ciało tak zaczyna się obracać, iż punkt F z pomiędzy wszystkich innych punktów na linii FG położonych najbardziej w górę póydzie kierunkiem BD. (5.) Zaczem linia FG na początku biegu

Skutek uderzenia mimoszrodkowego.

Fig. 52.

M a

będzie

będzie miała położenie HI nie prostopadłe do DB, lecz ukośne, szrodek zaś ciężkości przyjdzie na E. Poprowadźmy więc linią LM, przez punkt E od linii FG równoodległą, i równą ięy, a iasną jest rzeczą, iż można uważać iakby wszystkie punkta linii FG biegiem postępnym przeszły na LM, potem zaś iakby rzeczona linia LM pokręciła się około szrodka ciężkości tak, że punkt L, poszedł w górę przez IH, punkt zaś M razem zstąpił na dół przez MI. Niech będą N i P pewne punkta na linii LM, z obu stron szrodka ciężkości leżące, i niech ieden z nich ma miąższość N, drugi miąższość P, pierwszy samym biegiem kołowym przebieży NO. a drugi w tymże samym czasie linią PQ wymierzy, prędkości zaś w kołowaniu tych dwóch punktów są  $= NO: PQ = EN: EP$ . Zaczem ich biegi będą  $= N. EN: Q. EP$ , to jest: iak wagi punktów, gdy ciało jest ciężkie (Xię. II. Rozd. II. 12.). Że zaś każda waga po iednej stronie szrodka ciężkości ma równą wagę sobie przeciwną z drugiey strony tegoż szrodka, idzie stąd, że cały bieg kołowania linii EM, równy jest biegowi kołowania linii EL. Są zaś te biegi sobie wprost przeciwne, czyli ieden z nich jest dodatny, drugi odiemny. Zaczem summa biegu kołowania w całej linii LM  $= 0$ , to jest żadnego biegu pewnym iakim kierunkiem, ani powiększyć ani zmniejszyć.

zmniejszy być nie może. Lecz jeżeli pewny punkt n. p. N ciała uderzonego na płaszczyźnie CDB obracać się poczyną około punktu E, całe ciało dla spójności swoich cząstek razem kręcić się pocznie około osi prostopadłej przez E do owęj płaszczyzny (Wstęp II. 2.). Co zaś o wagach i biegach jednę linię prowadzoną przez szrodek ciężkości ciała powiedzieliśmy, toż samo ma się rozumieć, o każdej innej linii, przez tenże szrodek przeprowadzonej. Zaczęć ogólnie mówiąc summa biegów kołowania wszystkich zgoła cząstek w ciele równa jest zero; a zatem biegu w stronie BD, ani zmniejszyć ani powiększyć żadnym sposobem nie może. Dajmy że oba ciała zbliżając się, są doskonałe twarde a nie sprężyste, bieg zaś uderzeniem utracony od ciała A jest  $= Aa$ , oczywiście jest rzecz, że gdy summa biegów w jedną stronę dążących uderzeniem się nie odmięnia (2. 18.) bieg postępnny ciała uderzonego B, którym szrodek ciężkości jego przechodzi z C na E powinién równy być  $Aa$ , i równoodległy od biegu uderzenia, a zatem jeżeli jego prędkość jest  $b = CE$ ;  $Bb$  jest  $= Aa$  zaczęć przez uderzenie mimoszrodkowe zawsze dwa biegi powstaia w ciele mimoszrodkowo uderzanem: jeden postępnny zupełnie równy temu biegowi, który zginał w ciele uderzającym przez owo uderzenie: drugi kołowy około

około osi przechodzący przez szrodek ciężkości pochodzący od spójności części ciała uderzonego z nierówną prędkością uderzonych.

## §. XXII.

Ciało iakie uderzając na inné ciało F  
 Szrodek nieruchomé i bezsprężyste, traci wszystak  
 uderzenia. bieg swój postępný, ieżeli uderzą szrod-  
 kowo, pozostaie zaś zawsze w niémiakaś  
 Fig. 47. część biegu, ieżeli uderzą mimoszrodko-  
 wo. Zaczém ciało. biegiém postępnym  
 idące spotkawszy na drodze ciało nieru-  
 chomé, wtedy najmocniéy nań uderzą,  
 kiedy toż uderzenie iest szrodkowe. Day-  
 my, że płaszczyzna DCE przechodząc  
 przez szrodek ciężkości C ciała uderzają-  
 cego iest prostopadła do kierunku uderze-  
 nia AB, punkt ow téy płaszczyzny, przez  
 który linia AB przechodzić powinna, aże-  
 by uderzenie na ciało nieruchomé F było  
 największe, nazywá się szrodkiem ude-  
 rzenia *centrum percussionis*. Łatwo zaś  
 pokazuje się, że w kafarach, stęporach  
 młyńskich i w jnnych ciałach, które bie-  
 giém postępnym na drugié nieruchomé  
 wpadają, szrodek uderzenia przypada tam,  
 gdzie i szrodek ciężkości. Ale ieżeli ciało  
 tęgie uderzając o drugié obraca się około  
 osi nieruchoméy a oraz nabiéga na iaką  
 przeszkodę nieruchomą, oba szrodki ude-  
 rzenia i ciężkości zawsze się od siebie  
 różnią,

różnią, to jest szrodek uderzenia nie przypada tam, gdzie szrodek ciężkości.

## §. XXIII.

Niech będzie linia AB mająca ciężkość, która to linia około środka czyli około osi zawieszenia A wykreśla biegiem swoim łuk DBE i niech napada będąc na AF na zawadę czyli na jakie ciało nieruchome, a iawną jest rzeczą, iż kierunek każdego iędy punktu a zatem i kierunek, którym idąc w ciało nieruchome uderza, jest prostopadły do AF: przeto też i szrodek uderzenia będzie na téż samę linię AF (20.).

Lecz jeżeli szrodek wahania téż linię ciężkię jest w punkcie C; tedy ponieważ ona tymże samym sposobem biega, iak gdyby cała iędy miąższość zebrana była w jeden koniec C linii tegiędy AC, bezciężkiędy i bezmiąższędy, mającędy koniec drugi przytwierdzony na A, i ponieważ miąższość gdyby w ten punkt C zebrana była wpadając biegiem postępnym na zawadę nieruchomą, traciłaby cały swój bieg, nie będąc nawet przyczepioną do punktu A (6.) łatwo się poznaie, że ow szrodek wahania, który się zawsze różni od środka ciężkości (Xię. II. Rozd. IV. 17.) w ten czas jest razem i szrodkiem uderzenia; bo rzeczona linia tegą, gdy innym punktem którymkolwiek n. p. punktem O natrafia na zawadę nieruchomą traci także wprowadzie cały swój bieg, ale w tym razie wywierá siłę

Szrodek  
uderzenia  
wahadłem  
ciężkiem.

Fig. 53.



nie tylko na ciało uderzone, lecz i na os zawieszenia A: w ten czas albowiem trzeba ią brać za dzwignią prostą, której punkt O jest nieruchomy, punkt zaś C pewną siłą popędzą albo ciągnie, która to siła nie może być w równoważności, chyba że i na punkcie A iaka siła znajdować się będzie, któraby tę równoważność utrzymywała. Z czego dochodzimy, że linia ciężka AF, gdy uderzą punktem O, całą swoją siłę wywiera na ciało uderzone, lecz jeżeli innym jakim punktem uderzą, częścią tylko całej siły swojej bije w ciało, drugą zaś częścią ciągnie szrodek nieruchomy zawieszenia A, a zatem z największą siłą w ciało uderzą, gdy punktem C uderzą.

#### §. XXIV.

Niech się linia AB nie waha, ale siłą iaką inną, nie zaś ciężkością iakozkolwiek się obraca około punktu nieruchomego A, będzie w niej zawsze ténże sam szrodek uderzenia. Jeżeli bowiem w uderzaniu tymże samym sposobem ruszą się iak gdyby się wahała, iawną jest rzeczą, iż szrodek iey uderzenia ténże sam zostanie co i szrodek wahań. Lecz jeżeli tylko punkt iey pewny n. p. O ma równą prędkość gdy się linia waha, i gdy innym sposobem iakimkolwiek obraca się około A, wszystkie razem inne punkta téż linii w obu przypadkach równé biegi mieć będą, a zatem

Szrodek  
uderzenia  
w linii iak  
kolwiek  
wiek się  
obracają  
coy około  
punktu  
nierucho  
meo, jest  
szrodkiem  
iey waha  
nia.

tęmi całą linią w obu zdarzeniach jednako-  
wym sposobem ruszać się będzie: bo  
któregożkolwiek punktu innego n. p. F  
prędkość do prędkości punktu O, zawsze  
jest iak  $AF:AO$ . Jeżeli zaś iaki punkt  
n. p. O z większą prędkością biega, niżby  
w położeniu naszego kraiu wahać się  
mógł, można wystawić sobie, iakby w in-  
nym iakim kraiu linią AB wahała się,  
w którym siła ciężkości większa jest, niż  
u nas, n. p. przy biegunach: bo czy dla  
prędkości pomnążają się, czy zmniejsza-  
ją szrodek wahań w linii AB, ténże sam  
zawsze zostaje. Zaczém powszechnie  
mówiąc, szrodek uderzenia linii AB tam  
zawsze przypada gdzie i szrodek ięj wa-  
hania, bądź linią rzeczona jest ciężka, bądź  
nie jest, czyli (co na iedno wychodzi) iak-  
żkolwiek siła, i w jakikolwiek sposób  
obraca się około punktu A.

§. XXV.

Jeżeli bierzemy linią ciężką AB nie  
prostopadle zawieszona z punktu nieru-  
chomégo A, ale ukośnie do osi pozioméj  
nieruchoméj AD, na nici tęgiéj bezcięż-  
kiéj DB wisząca, ta linią wahać się  
wykręśli część powierzchni ostroką-  
gła, a sama będzie wahadłem składaném, w któ-  
rém szrodek wahań C, od osi nierucho-  
méj DA dalej przypada, niż szrodek cięż-  
kości O. A że w wahadłach pospolitych  
które pionowo wiszą na sztyfcikach bar-  
dzo

Szrodek  
uderzenia  
w ciele  
w jakikol-  
wiek spo-  
sób obraca-  
jącem się.

Fig. 54-

dzo ciekich, szrodek wahaní przypada na linii prostopadłej do osi nieruchomej, która linia i przez szrodek ciężkości przechodzi, jeżeli względem linii ukośnej podobnie przypuścimy, że szrodek wahaní jest na linii EF prostopadłej do osi, i przechodzącej przez szrodek ciężkości O, ten szrodek wahaní F, nie będzie wprawdzie szrodkiem uderzenia C, ale wszelako w jednęże odległości  $EF = GC$  od osi nieruchomej znajdzie się. Przeto w każdym ciełe całkowitem, które się obraca w jakikolwiek sposób około osi, szrodek uderzenia zawsze będzie w tęże samej odległości od osi, w której jest szrodek wahaní, lubo częściey przypadnie za tą linią, która przez szrodek ciężkości ciała przechodząc, jest do osi prostopadła.

### §. XXVI.

Użytek  
nauki  
o szrodku  
uderzenia.

Użytek tęj nauki o szrodku uderzenia jest bardzo obszerny. Młotki, siekiery, i inné tym podobné narzędzia, których w przybijaniu albo rękami rzeczy spoczywających, czyli nieruchomych używamy, w czasie uderzenia ruch kołowy mają około iakięysź osi, który miejsce przypada w ręku uderzającego. Zaczém każdemu łatwo jest poznać, że kształt tych narzędzi taki być powinien, iżby szrodek wahaní przypadał w owę ich część, którą się uderza. Z tęj przyczyny rzeczonych narzędzi niższe części czyli rękojeście,

z lek-

z lekkiego drzewa, wyższe zaś z żelaza się robią. Gdy bowiem żelazo daleko cięższe jest od drzewa, srzodek wahanía przypada w żelazie, którem uderzamy. Jeżeli zaś rękoieść jest przydłuższą albo przycięższą, tenże srzodek blisko rękoieści przypada, i w tym razie uderzenie od dalszych części pochodzące słabé jest albo chybné. A jeżeli rzeczony srzodek jest w saméj rękoieści, narzędzie stałe się wcale nie użyteczném, i z uderzenia więcéj ręka cierpi, niż rzecz w którą uderzamy. Z téj to przyczyny lekkie toporki żelazne bywały z krótkiemi toporzyskami. Taż sama jest przyczyna krótkich rękoieści w szablach: postrzegamy, że lekkie są cięcia końcém szabli, albo mieyscém bliżkiém rękoieści, i że dają się czuć ręce uderzającej.

### §. XXVII.

Srzodek uderzenia, o którym dotąd mówiliśmy, zawsze jest w owém ciele, które w jaką zawadę nieruchomą uderza, prócz tego i w ciele uderzoném, bądź to jest wolné ruchomé, bądź obracać się tylko może około osi nieruchoméj: podobny punkt także znajduje się, który zawsze przypada na kierunku uderzenia w ten czas, kiedy ciało uderzone nabywa największego poruszenia od uderzenia. Ten punkt niektórzy nazywają także srzodkiem ciała uderzonego (*centrum corporis per-*

Srzodek  
ciała ude-  
rzonego  
albo srzo-  
dek ruchu  
udzielnego

percussi) albo szrodkiem biegu udzieloného (centrum motus communicati); bo gdy wahadło spoczywając uderzamy, żeby przez uderzenie nabyło największy prędkości, pospolicie nie w szrodek wahań, ani w szrodek ciężkości, ale w inny punkt jaki uderzyć trzeba; gdy więc szrodek biegu udzieloného często zupełnie się różni od prawdziwego szrodka uderzenia, o którymśmy wyżej powiedzieli, przeto dla uniknięcia błędów oba te szrodki własne nazwiska mieć powinny.

### R O Z D Z I Á Ł III.

*o dźwięku czyli głosie i o rozcho-  
dzeniu się iego.*

#### § I.

Jeżeli wielę kul równych iednorodnych i doskonale iednakowo sprężystych tak położymy, iżby wszystkich szrodki A, B, C, D, na iednęże linię AD przypadaty, i gdy pierwsza kula potoczy się biegąc iednostaynie kierunkiem AD, z jakążkolwiek prędkością n. p. p przebiegłszy drogę EF, aż do drugiey kuli B uderzy w nią wprost i szrodkowo, i po skończoném uderzeniu stanie: kula zaś B pobieży z tąż prędkością p, z tym kierunkiem, którym kula A przed uderzeniem biegła (Rozd. II. 15.).

Zaczm

Jak się roz-  
chodzi  
ruch przez  
kule rów-  
ne i ied-  
nakowo  
sprężyste  
rzędem  
ułożone.

Fig. 55.



Zaczém daléy kula Buderzy w kulę trzecią C, podobnymże sposobem ta w czwartą, i tak daléy aż do ostatniéy, a nakoniec gdy poruszyć przez cały rząd kul przejdzie, wszystkie kule staną na miejscu, oprócz ostatniéy, która z prędkością  $p$ , kierunkiem AD toczyć się będzie iednostajnie. Toż samo stanie się ze sześćścianami, graniastoslupami, walcami, i z innými tym podobnými ciałami, byleby tylko były iednorodné, równe i doskonale sprężysté, i byleby ich szrodki ciężkości na iedną linię prostą przypadły.

## §. II.

Pierwsza kula nayprzód drogę EF przebiegá, a potém w drugą kulę uderzá: ta zaś po uderzeniu toż samo czyni co pierwsza uczyniła, toż samo się dzieie z następującymi kulami. Zaczém czas w którym się ruch rozchodzi po całym rzędzie kul AD składa się z czasów uderzenia i z czasów, w których odległości między kulami będące przebiegane bywają. Czas uderzenia dwóch którejkolwiek kul zawsze jest równy (Rozd. II. 12.) a zatem można go oznaczyć przez  $t$ , i jeżeli bierzemy równe odległości między kulami, ponieważ każda kula swoją odległość od drugiey przebiegá z tą samą prędkością  $p$ , z którą pierwsza kula na drugą nabiegła, drugi także czas C w którym się przebywá iednakową odległość, zawsze iednakowy będzie. Jeżeli więc

W jakim  
czasie  
ruch roz-  
chodzi się  
przez kule  
rzędem  
ułożone,  
równé i  
sprężysté.

większą n. p. 4 kule, cały czas, w którym się ruch rozchodzi z A aż do D będzie  $= 4t + 3C$ . Tén zaś czas zaczyna się od chwili, w którą pierwszý kuli szrodek z prędkością p, przychodzi na miejsce A, i trwa aż do téj chwili, w którą szrodek ostatniý kuli D po skończoném uderzeniu całej prędkości nabywá p. Prawda to jest, że po skończoném uderzeniu, na ostatniý kuli szrodek iéy już nie znajduje się na D; gdyż szrodek, pierwszý kuli w samym uderzeniu przebiega nieiaki przeciąg d w czasie trwającego uderzenia (Rozd. II. 14 12.) toż samo się dzieje z jnnými kulami; tak dalece, iż ruch rozchodzi się w czasie  $4c + 3C$  przez przeciąg  $AD + d$ . Lecz że przeciąg miejsca d, względem średnicy kul, jest bardzo mały, przeto zaniechać go można, bez żadného błędu znacznego.

### § III.

Czas nazwany C zależy od prędkości początkowéy, to jest, od prędkości p, która pierwszą kulę uderza na drugą: przeto ténże czas tém mniejszy byđ musi, im większa jest prędkość p. Że zaś czas t, zależy iedynie od siły sprężystości kul, więc on zawsze jest iednakí, bądź prędkość p powiększa się, bądź zmniejsza się (Rozd. II. 12.). Ruch rozchodząc się przez szereg kul razem i ginie w każdej kuli uderzającej, i rodzi się w każdej

Jak ocenić  
siłę sprę-  
żystości  
z biegu roz-  
chodzącé-  
go się  
czyli ude-  
rzonego.

żdędy uderzonęj, tak dalece, iż jedna iego połowa od samęgo uderzenia nie zawisła od sprężystości, a drugą połowa (Rozd. II. §.) od samęj siły sprężystości razem i niszczy się i rodzi. Ponieważ więc do zniszczenia lub zrodzenia iednakięgo biegu w równym czasie iednakięj potrzeba siły, idzie zatem że siła sprężystości kul tak wielką iest, iż nią samą w czasie uderzenia, w każdęj z tych zrodzić się może bieg całkowity, którym ona potem bieży.

## § IV.

Zaczem iężeli, wszystkie kule z sobą się stykają, czas C wszędzie ginie. Przeto gdy wiele kul równych z słoniowęj kości zrobionych wprost leżą z sobą się stykające, postrzegamy, że uderzywszy w pierwszą wszystkie na miejscu zostają prócz ostatnięj, która z tąż samą prędkością i tymże kierunkiem toczy się, iak gdyby pierwszą kula w nią sama uderzyła. W tym przypadku będzie cały czas, w którym ruch idzie od pierwszęj kuli aż do ostatnięj, tēm krótszy, im większą iest siła sprężystości w kulach (Rozd. II. 12.). Że zaś wszystkie kule są równie sprężyste, i czas uderzenia między któreńmikolwiek kulami zawsze iednakowy będzie, a zatem ruch rozchodzi się iednostaynie. To iest, czas przechodzenia iego od pierwszęj kuli do któreńkolewkie następującej zawsze będzie iak liczba kul, które się już poruszyły; przez

R zchodze  
nie się ru-  
chu przez  
kule styka-  
jące się.

przez równą zaś liczbę kul, ruch zawsze się rozeydzie w czasie równym, bądź prędkość początkowa jest wielką bądź małą, bo czas C w takowym razie niknie.

## §. V.

Jakim sposobem dzwiek po powietrzu się rozchodzi.

To, cośmy dotąd powiedzieli, można przystosować do rozchodzenia się dźwięku po powietrzu. Gdy albowiem strona AB w powietrzu zwolna się waha, powietrze z jedney strony zgęszcza się, a z drugiey się rozrzedza, ale się nie rozrywa, zgęszczone zaś płynie tak długo ku rzadszemu, póki rzeczone wahanie strony nie ustaie (Wstęp X. 22.)<sup>\*)</sup> Lecz jeżeli strona drga z wielką prędkością i waha się, powietrze się rozrywa, i cząstki iego odierwane tym się sposobem wzruszają, którym ciało osobne, i od reszty powietrza oddzielone (Rozd. II. 18. 19.)<sup>\*)</sup>. Zaczém gdy w ostatnim tylko razie dźwięk słyszeć się nam tylko daie, (Rozd. II. 20.) idzie stąd, że dźwięk innym sposobem powstać nie może, iedno gdy cząstki powietrza poodrywane w takię liczbę uderzają, iak ciała osobne i oddzielone. Wykładam to iasnić, każdy punkt w stronie n. p. D, uderzając w powietrze kierunku CD, odrywa cząstkę powietrza bardzo małą w tymże kierunku i naprzeciw innemu powietrzu pędzi. Ta cząstka z taką siłą uderzając w powietrze, z jaką punkt D, odrywa drugą cząstkę powietrzną także bardzo małą w tymże kierunku, druga

druga trzecia, trzecia czwartą i tak dalej. Stąd łatwo wyrozumiewamy, że dźwięk rozchodzi się linią prostą DF tak, iak gdyby na téjże linii prostéj leżało wiele cząstek powietrznych równych i z sobą się stykających. Dalej gdy te cząstki wszystkie są równe i doskonale sprężyste (Wstęp X. 6.) każdy widzi, iż dźwięk w tén sposób rozchodzi się przez linią prostą DF; iak ruch idzie przez szereg kul doskonale i jednakowo sprężystych z sobą się stykających; a zatem że się rozchodzi iednostaynie.

## §. VI.

Prędkość dźwięku przez wiatry znacznie się powiększa albo zmniejsza (Wstęp X. 30.). Albowiem wiatr pomyślny owę linią powietrzną, po której dźwięk się rozchodzi popędza, przeciwny zaś odpędza, tak dalece, że prędkość dźwięku gwałtowniejszym nieco wiatrem pomnożyć się albo zmniejszyć może na 50 stóp w jednéj sekundzie (Wstęp VIII. 9.). Ale dla większój lub mniejszój obfitości wyziwów ziemi w czasie pogodnym albo pochmurnym, prędkość dźwięku iak doświadczono, ani się powiększa ani zmniejsza, bo dźwięk nie przez wyziwów, ale przez samo powietrze rozchodzi się. Nad to dźwięki słabe i mocne, z jednakową prędkością rozchodzą się (Wstęp X. 31.) bo rzeczona prędkość od

Jakim sposobem wiatry rozchodzenie się dźwięku przyspieszają albo opóźniają.

N. samy



samęj sprężystości i gęstości powietrza pochodzi, a nie od pierwszego uderzenia w powietrze. Wreszcie dźwięki, bądź wysokie bądź niskie jednakową prędkość mają, bo każde z osobna wzruszenie powietrza tymże samym sposobem z tą samą prędkością rozchodzi się, bądź powolniey bądź prędzey, iedno po drugim następuje.

### §. VII.

Jak  
dźwięk  
działa na  
ucho.

Gdy ruch od strony albo od iednego ciała brzmiącego udzielony tym sposobem iak powiedzieliśmy do uszu naszych dochodzi, nerwy ucha od powietrza go wypełniającego wewnątrz poruszają się, i słyszymy ton, ieżeli rzeczone poruszenia w powietrzu, iedne za drugimi w równych czasach następują, który ton, tém jest wyższy, im przeciągi czasu są mnieysze, (Rozd. I. II.). A powszechnie mówiąc wszystkie zgoła dźwięki podobnym sposobem dają się nam słyszeć, tylko że często owe wzruszenia powietrza nieporządnie w nierównych czasu przeciągach powtarzają się. Prawda że każde z osobna poruszenie powietrza, tak słabé iest, i tak prędko iedno po drugim idzie, że go rozeznac nie można, ale cały szereg poruszeń nerwy tak wzruszają, że go czuiemy. Z téy przyczyny nie czuiemy trącenia w nerwie ucha od powietrza, ale czuiemy przez zmysł słuchu sam dźwięk, co iest  
sły-

*styszed.* Urzucie zaś dźwięku, który słyszemy, nie od własności poruszeń pojedynczych zależy; ale raczej od szeregu tychże poruszeń, to jest od większy albo mniejszy prędkości i od porządku, którym iedné po drugich następują.

## VIII.

Doświadczenie naucza, że dźwięk nie rozchodzi się, tylko przez linie proste (Wstęp X. 34.) czego przyczyną ażebyśmy doskonale wyrozumieli, porównamy się sprężystości z siłą ciężkości. Gdy wodę albo inny płyn w jakim naczyniu zamykamy, ten nie tylko dno naczynia tłoczy ale i boki, gdyż ściśnione cząstki ięgo na wszystkie strony ustępują. Podobnymże sposobem i powietrze w jakim naczyniu zamknięte, gdy ię ściskamy, nie tylko tym kierunkiem, w którym iest ściśnione, ale na wszystkie strony rozpięra naczynię siłą swęą sprężystości, przeto że iest płynne. Lecz gdy woda przez rurę prostopadłą z obu końców otwartą przechodzi, całym swym ciężarem wolnie spada, właśnie iak gdyby rury nie było, a zatem ię boków nie rozpięra. Zaczem i dźwięk gdy się rozchodzi przez rurę prostą z obu końców otwartą, w której powietrze strona drgająca ścisną kierunkiem wzdłuż osi rurnę idącym, żadnego ciśnienia nie wywierá na boki rury; bo do uczynienia tego ruchu, na którym się

Za co  
dźwięk  
przez sa-  
mę linia  
proste za-  
wsze się  
rozchodzi

N z dźwięk

dzwięk zasadzą, potrzebną jest cała siła sprężystości powietrza, a zatem nie się z tęższe siły nie pozostaie, czém by rura ciśnioną być mogła; przeto i odrzuciwszy rurkę, dzwięk na boki rozchodzić się nie może, ale zawsze linią prostą idzie. Różne zaś punkta strony drgający rozmaitemi kierunkami bią w blizkie części powietrza i ściskaia one; a że te części tak się poruszają, iak gdyby oddzielone były od reszty powietrza (§. ) i każda z nich w tym tylko kierunku porusza się, podług której jest ściśnioną, dzwięk więc od strony idzie różnemi promieniami od siebie odstępuiąc ni. Części powietrza które składają iaki promień, są tak drobne i szczupłe, iż wielką ich liczbą, przez otwartość ucha naszego, razem przechodzi, acz ta otwartość jest bardzo mała; ponieważ nie tylko wiele dzwięków razem słyszymy, ale i każdy dzwięk, który słuchem rozeznaliśmy powstać nie może inaczej, tylko gdy wiele promieni brzmiających w ucho nasze, razem wpadą (Rozd. I. 19.)

## §. IX.

Lubo gdy kula iaki dzwięk wydaie, wszystkie iey razem punkta drgają, wszelako wystawić sobie w myśli można iakoby drganie to zaczynało się od punktu średniego kuli, który tegoż drgania udzielałby innym punktom sobie przyległym téż znowu

Dzwięk  
nbywa  
w stósna-  
ku dwu-  
mnożnym  
odległości

znowu dalszym co raz, w taki sposób, iżby dzwięk tén wychodził od środka kuli przez linie proste w różne na około strony idące; i co raz bardziéj od siebie odległé, a im dalszé od środka na tych liniach będą punkta drgańcéc, tén słabszy dzwięk będzie, tak dalece, że dzwięk w wielkich odległościach przez rozchodzenie się iego promieni słabicié prawie w stósunku dwumnożnym odległości od ciała brzmiącego.

## §. X.

Wiatr wiejąc w tę samą stronę, w która dzwięk lub głos rozchodzi się unosi promienie iego, a przeto tén sam skutek sprawia, iak gdyby w powietrzu spokojném ciało brzmiącéc zbliżoné było do uszu na pewną odległość, to jest powiększą moc brzmienia czyli głosu. Wiatr zaś przeciwny tén uiać rozchodzenie się promieni brzmienia osłabia moc iego, tak właśnie, iak gdyby ciało brzmiącéc daléj się odsunęło od słuchającego. I znowu gdy promienie brzmiącéc rozchodzić się przez powietrze natrafiają na warstwę iego rzadszą lub gęstsza, w takowey warstwie rzeczoné promienie łamia się, a to bardziéj niż przedtém, iuż oddalając się, iuż zbliżając się ku sobie: w piérwszém więc zdarzeniu moc brzmienia osłabia się, w drugiem się natęża. I dla téy to przyczyny łatwiej słyszeć można na dole stojąc mówiących

Od niany  
mocy  
dzwięku  
lub głosu  
pochodzą-  
cé od wia-  
tru lub gę-  
stości po-  
wietrza-

na wierzchołkach gór wysokich, a niżeli słyszają będący na wierzchołkach mówiących na dole. Powietrze bowiem im wyższy nad powierzchnią ziemi, tém rzadsze jest (Wstęp X. 10.).

## §. XI.

Odbijanie  
się, dźwię-  
ku od po-  
wierzchni  
chropowa-  
rych.

Jeżeli promień brzmiały biegąc natrafia na ciało sprężyste, cząstką powietrza rzeczonemu ciału blizką, przebiegłszy mieysce bardzo małe, gdy w nie uderza (2.) znowu przez takowąż mieysce od owego ciała odskakuje. Zaczem promień brzmiały, tak właśnie iako promień światła odbija się w ten sposób, iż kąt promienia odbitego równy jest kątowi promienia uderzającego, a oba te kąty na iednóżyłe płaszczyźnie leżą (Rozd. II. 18.). A że niemal wszystkie ciała, których powierzchnie są znacznie chropowate, nie odbijają tak dobrze dźwięku, iak zwierciadła odbijają światło, ale raczej zwyczajnie go rozpraszają; przeto i promienie brzmiały odbite, nie mogą dostatecznie poruszyć ucha naszego, chyba gdy są gęste, a zatem gdy w wielkiej obfitości do ucha naszego wpadają. Są zaś gęstsze promienie brzmiały, gdy się zewsząd odbijają od ciał twar-dych, a nie rozpraszają się na wszystkie strony. Gdy ciała na około będące, są miękkie nie sprężyste, dźwięku nie odbijają, ale w sobie go tłumią. Z téj przyczyny głos albo dźwięk łatwiej słyszynmy na ulicy,



ulicy, niż w polu otwartém, aa łacniej w pokoju niż na ulicy. W pokoju nawet głos bardziej brzmi gdy pokój jest próżny i ściany są gołe, niż gdy się ludźmi napełni, albo ściany mają obite; przeto i łoskot od grzmotów albo od dział wojennych cięższy jest po miejscach górzystych, niż na równinach i na miejscach zewsząd otwartych: głos zaś natęża się, gdy przez trąbę lub rurę mówimy, z czego łatwo wyrozumiewamy skuteczność trąb słuchowych zwanych stentoreyskiemi (tubus acusticus vel stentoreus (Wstęp X. 35.)); takżę i dzielność owych sztuk wydrażonych z drzewa, które się podkładają pod strony muzyczne (Rozd. I. 18.). Podobnymże sposobem dźwięk w powietrzu zgęszczoném przez powietrzociąg w bani bardzo się natęża.

## § XII.

Jeżeli dźwięk raz tylko się odbija od iakiego ciała twardego i przezystego, tedy promienie odbite, gdy inne okoliczności są jednakowe, *naprzód* tém gęstsze będą, im wpadające gęstszemi były: *powtórę* im więcej promieni niemal prostopadle do powierzchni odbijającej dochodzi. Jako bowiem gęstość światła na płaszczyźnie promieniami równoległemi oświeconey zależy od kąta, pod którym promienie na owę płaszczyznę padają (Wstęp XIII. 2.), tak też i gęstość brzmiących promieni równoodległych iaką płaszczyzną przecię-

Kiedysłyszmy odgłos czyli echo.

ciętych, gdy inne okoliczności są iednakowe, na téżże płaszczyźnie iest náywiększa, gdy rzeczone promienie do płaszczyzny dochodzą prostopadle. Żebyśmy tedy odgłos słyszeli przez odbiianie się dźwięku, dźwięk który się odbiia, przy, mocniejszy być powinien, i większa część iego promieni powinna dochodzić niemal prostopadle do powierzchni odbiiający.

### §. XIII.

Różne gą-  
tunki od-  
głosu.

Lecz ieżeli ciało brzmiać iest bardzo blizkie powierzchni odbiiający, a dźwięk główny z odbitym tak się mieszaia, że obu rozeznac nie można, w tén czas rozleganie się dźwięku czyli głosu a nieodgłos słyszymy. Zaczém nie dosyć iest na tém, że promienie brzmiać są gęste wtedy kiedy się odbiiaia, ale trzeba ieszcze do słyszenia odgłosu, aby ciało, które odbiia dźwięk od nas i od ciała brzmiaćego, dosyć odległe było. Dajmy n. p. że między ciałem brzmiaćem i odbiiającem iest odległość na 520 stóp Paryzkich, i że dźwięk główny trwa przez 1", a łatwo iest wyrozumieć, że gdy dźwięk potrzebuie 1", aby doszedł tam, skąd się odbiia, i równego czasu, aby powrócić na miejsce, z którego wyszedł; człowiek stojący nie daleko tegoż miejsca słyszeć może na-przód dźwięk główny a potém odbity; bo dźwięk przymocniejszy nawet ledwie iedne

iedną sekundę trwaniem zajmuje. Jeżeli zaś odległość, w której jesteśmy od powierzchni odbijającej, jeszcze jest większą od owego oddalenia, w którym zostaliśmy od ciała brzącącego; wtedy częstokroć słyszeć się dać kilkakrotnie powtórzone dźwięki. Tak będąc w wielkiej odległości od powierzchni odbijającej, wiele zgłoszek które głośno wymawiamy, a zbliżając się co raz bardziej mniemy, potem jedną tylko zgłoszkę, a nakoniec ani jedną nawet wyraźnie powtórzoną nie usłyszymy. Nad to odgłos bywa czasem wielokrotny, jeżeli albo wiele ciał dźwięk odbijających znajduje się w różnych okolicznościach, albo jeżeli promienie brzącące dwa razy, albo trzy, albo i więcej odbijają się od ciał wprost na przeciwko sobie będących, a to tak jeszcze, że każdy z osobna dźwięk odbity rozeznąć można.

## §. XIV.

Jeżeli powierzchnia jakiego ciała sprężystego, jest bardzo gładka n. p. zwierciadła, tedy promienie dźwięku i światła co do większej części porządną się od niego odbijają, tak dalece, że w takowym razie i przysłyszany dźwięk często słyszymy wyraźnie (a). Chropowatość albowiem przy-

Odbijanie  
dźwięku i  
światła  
przez  
zwierciadła.

Fig. 58.

(a) Jeżeli CAB jest równorzędną (Parabola) F jest ognisko, AE zaś oś, wiadomą jest rzecz, że każdy promień DC, od osi AE równoodle-

gły Fig. 57.

przyrodzoni wszystkim ciałom gładzeniem  
wzrzą bardziéj a bardziéj się znosi, a cho-  
ciaż i nągładsze powierzchnie nie są tak  
doskonale równe, iak powierzchnie mate-  
matycznie uważane, jednakże daleko bli-  
żéj do nich przystępują, niż nie wygła-  
dzone. Zatem i daleko więcéj promieni  
bądź dźwięku, bądź światła odbiiają, a da-  
leko mniej tychże promieni zazwyczaj  
rozpraszają. Jeżeli AB jest płaszczyzną  
jeometryczną, która wszystkie zgoła pro-  
mienie należycie odbiia, C zaś punktem  
świecącym albo brzęczącym, poprowa-  
dziwszy linią CD prostopadłą do płasz-  
czyzny AB i przeciągnąwszy ją do E tak,  
iżby było  $DE = CD$ , pokazaliśmy wyżej  
na

gły odbiia się w równorzutni do F, i wzajem-  
nie jeżeli w ognisku F znajdzie się punkt  
świecący, każdy promień jego tak się odbiia  
w równorzutni, iż od osi iéj jest równoodleg-  
łym. Z czego łatwo wyrozumiewamy, że ie-  
żeli dwóch téj figury zwierciadeł CAB i GHI,  
osi, AF i HV na iednéjże linii AB przypadają,  
wszystkie promienie wychodzące z ogniska F  
iednego zwierciadła, znowu się zbierają w o-  
gnisku V drugiego. Jest też doświadczeniem  
rzecz stwierdzoną, że jeżeli w ognisku F ie-  
dnego z takich zwierciadeł położymy zegarek  
kieszonkowy, gang iego czyli bicie słabé  
w odległości 50 kroków, przyłożywszy ucho  
do ogniska V drugiego zwierciadła, słyszeć  
można, chociaż w pośrőd odległości między  
zwierciadłami żadnego bicia gangu nie słysząc  
(Winkler Untersuchungen der Natur und Kunst,  
na karteie 283. ).

na inném miejscu (Wstęp XI. 8.), że wszystkie promienie tak się odbijają, iak gdyby prosto wychodziły z punktu E. Jeżeli więc GBEAF, jest ostrokregiem, albo ostrostupem, którego by wierzchołek był E, oś Ec, a przecięcie do osi prostopadłe AB, tedy wszystkie promienie odbite w obrębie tego ostrokregu, albo ostrostupa zbierają się; lecz jeżeli AB jest płaszczyzną znacznie chropowatą, tedy promienie odbite na wszystkie się strony rozpraszają prawie jednostajnie, a zatem daleko rzadszą w obrębach ostrostupa albo ostrokregu GBEAF, niż w pierwszym razie były; Zaczem dźwięk odbity tém łatwiej słyszany bydź może w pewnych granicach, im powierzchnia odbijająca jest bardziej wygładzona (17.). Wreszcie od przyległowniejszego dźwięku przyległych ciał cząstki często drgąc zaczynają (Rozd. I. 19.) których dźwięk pomieszany z dźwiękiem odbitym znacznie go czasem odmięnia i powiększa.

## §. XV.

Dźwięki nawet w samém uchu naszym przez odbijanie się i przez drganie cząstek ucha powiększają się; gdyż ucho jest na kształt prawie lęku albo trąbki słuchowej, bo część ięgo zewnątrzna i wystawiająca, którą właśnie *uchem* zowiemy, jest szeroka i wydrażona, wewnątrzna zaś wąska i prawie wałkowata: Ta część będąc

Budowa  
ucha.



dąc sprężystą odbija promienie brzmiające, a te wielokrotnie odbite gromadzą się w otworze słuchowym (meatus auditorius) nieco wąłkowatym, gdzie sprężyste chrząstki i twarde kostki sprawiają nowę dźwięki i z dźwiękiem pierwiastkowym ię męszają; gdyż wewnątrz ucha niemal wszystkie czastki, a nąybardzięy błona, które bębenkiem zowiemy, tak są twarde, suche i sprężyste, iż żadnych części innych w ciełe ludzkień mocnięy wypreżonych i ruchliwszych nie znaydziemy. Dźwięk tak nąteżony dochodzi do nerwu słuchowęgo, dzielącę się na wiele gałązek wewnątrz ucha, wykładaiających: z wielu doświadczeń pokazuje się, że dźwięki nawet przez zęby i przez wszystkie kości czastki aż do nerwów słuchowych dochodzić i tak słyszanęmi bydź mogą.

## §. XVI.

Dźwięk  
częstokroć  
od samęgo  
powietrza  
pochodzi.

Dźwięk często nie od strony drgającęy pochodzi, albo od innęgo iakięgo ciała sprężystęgo, ale od samęgo powietrza, lubo powietrzę drgać nie może. Albowiemy każda część powietrza od siły zewnątrzney naciśnioną, natychmiast się rozszerza, skoro taż siła działać przestaje, ale znowu włano siła ściśnioną bydź a zatęm drgać nie może. Jednakże czastki powietrza gdy się zagnęła rozszerza, ale nie wszystkie razem pospolicie iednę po drugich rozciągają się: że zaś każda czastka rozszerzając

ca

ca się wzrusza powietrze na około siebie  
będąc, przeto wiele się w niem dzieie po-  
ruszeń, które iedne po drugich bardzo  
prędko następują tak, iak gdy jakieś ciało  
twardé i sprężyste drgając w powietrze  
uderza to: te iednak uderzenia pospolicie  
bardzo w różnych czasu przeciągach iedné  
za drugimi idą. I taki to jest dźwięk po-  
codzajcy od wiatrów, dział wojennych,  
grzmotów i od innych ciał, które przez  
powietrze bardzo prędko bieżąc, znacznie  
go ściskają (Wstęp X. z.).

## §. XVII.

Podobnąż jest przyczyna dźwięku czyli  
głosu w narzędziach dętych: te albowiem  
tak są zrobione, iż gdy je nadymamy, po-  
wietrze do nich nie może inaczej wcho-  
dzić, tylko iakowym otworem ciasnym, co  
prędkość iego pomniejsza (Wstęp VIII. 7.).  
Zaczęć szczupły strumyk powietrzny  
z wielką szypkością w takie narzędzie  
wpadłszy, ponit wąż słupek powietrza tém  
narzędziem obiegły, prawie żadnego z niem  
nie ma spoienia, szrodkiem obu bieży  
w stronę, w której najmniej oporu znay-  
duje, a zatem ściska wpodłuż cały słupek  
powietrzny. Ten zaś ściśniony w części,  
w której tylko może, natychmiast się roz-  
szerza i powietrze blizkie końca tego na-  
rzędzia wzruszając nieiaka swą częścią  
z niego wychodzi. Zaczęć powietrze  
wdług natychmiast zajmując miejsce po-  
wie-

Dźwięk  
czyli głos  
w narzę-  
dziach mu-  
zycznych.

wietrza ubyłego ow. słupek znowu dopełnia. Gdy wdymanie powietrza tym sposobem dalej idzie, słupek powietrzny znowu ucalony tak, iak i pierwéy wzdłuż się ściska, a potém szypko się rozszerzając w przyległe powietrze zewnetrzne uderza: i to słupa powietrznego narzędziem objętego, kolejnó ściskania się i rozszerzania w równych czasie, rzedzicach po sobie następują; bo równa siła w równy miąższości w równym czasie, sprawuje ruch iédnakowy. Z czego się pokazuje z jakiéy przyczyny piszczałka n. p. w graniu, zawsze daie ton pewnéy wysokości. Słup albowiém powietrzny w narzędziu znajdujący się wcale tak się má, iak strona drgająca, z tą tylko różnicą, że on nie zawsze iedénże, lecz coraz inszy, acz zawsze równy sobie. Zaczém wysokość tonu piszczałki pochodzi od długości i miąższości słupa powietrznego (Rozd. I. 7.), to iest: od grubości i długości piszczałki; sprężystość zaś téy strony powietrznay, będzie równa słupowi żywego srebra na 28 calów Paryzkich blisko wysokiému. Jeżeli piszczałka w środku má iaką dziurkę otwartą, daie taki ton w graniu, iak gdyby w miejscu owéy dziurki była nięta i skrócona.

## §. XVIII.

Podobnymże sposobem robi się głos  
Krtani i w ludziach i w zwierzętach. Narzędzie  
zaś

zaś, którym się głos robi, ma w sobie dwie części, rurkę prawie wałkowatą z płuc wychodzącą, krtanem (*Arteria aspera*) zwaną i wierzch téżże rurki czyli kanał powietrzny (*la rinx*), przyłożywszy palce do gardła macaniem, rozeznaczyć można. Krtan jest obszerniejszy od kanału powietrznego, składa się z części twardej chrząstkowatej i kościstej, w górze ma dziurkę podługowatą, którą się głośnia nazywa (*Glottis*). Powietrze w oddychaniu z płuc przez krtan do kanału powietrznego, a stamtąd przez głośnia do ust wypędzone sprawuje głos mowę i śpiewanie. Każdy rodzaj zwierząt ma głos sobie właściwy, który cały zależy od kanału powietrznego i od głośni. U ludzi kanał powietrzny na pół ciała podnosić się może nad średnią swą wysokość, przez co się głośnia ściska i tyléż na dół opada, przez co głośnia rozszerza się. Przykładając palce do kanału powietrznego, pokazując się, że dla wydawania głosów wysokich, cały kanał powietrzny podnosić się musi, a niekiedy z takim nateżeniem, iż głowę w tył przechylamy: opada zaś ténże kanał gdy głosy niższe, wydajemy. Zaczém w śpiewaniu kanał powietrzny raz się podnosi drugi raz opada, razém téż głośnia albo się ściska albo rozszerza. W mówieniu kanał powietrzny spoczywa, bo tony wyniosłością i spuszczeniem nie

kanal po-  
wietrzny.

wiele

wiele się różnią, a głosu odmiana przez ułożenie ust dzieje się. Wymawiamy zaś słowa które się z głosek składają; z tych głosek spółgłoskami zowiemy owe, które wymawiamy przyciśnięciem języka do ła-kięcy w gębie części, do ust albo do zębów; samogłoskami zaś, które się wymawiają bez żadnego przyciśnięcia językiem.

## §. XIX.

Przyro-  
dzenie  
świata

Światło do dźwięku bardzo wielkie ma podobieństwo, z wielką nader prędkością idzie prosto tak iako dźwięk, i promienie jego liczne nie mieszają się choć przez małą dziurkę różnemi kierunkami przechodzą. Odbija się od zwierciadeł, od powierzchni nierównych odbite, tak się rozprusza iako i dźwięk (Wstęp XI. 6. 8. XII. 38.); a iako gdy dźwięk powstaie przytęższy wszystkie ciała blizkie drgaia i brzmią, tak téż i wiele ciał nieprzezroczystych, gdy przez czas są na słońcu, potem w ciemnym mieyscu słabé światło z siebie wydaia. Zaczém iest rzecz bardzo podobna do prawdy, że światło w jakiéys materii subtelney płynney i sprężystey, tém samym sposobem rodzi się i rozchodzi, iak głos w powietrzu; która to materya wszędzie z powietrzem i ze wszystkiemi ciałami ziemskimi miesza się, i za obrębem powietrzkregu naszego po niezmiernych nieba przestrzeniach rozciąga się; oprócz tego zaś bardzo sprężysté bydź musi, gdyż światło



światło zdaleko większą sztywnością ro-  
chodzi się niż dźwięk. Newtona mniema-  
nie nie zdaje się być dowodliwé, który  
sądzi, że zmysł widzenia tak iako i zmysł  
powonienia, nieślakłami wyziwcy bardzo  
cieńkami poruszony bywa, i że promienie  
światła ze słońca, i z jnnych ciał świecą-  
cych ustawicznie wypływając przez ciała  
przezroczyste, i przez same oczy nasze  
na wszystkie strony wolné przeysćie  
mają.

## R O Z D Z I A Ł IV.

*o spoyności w ciałach*

## § I.

Wszelkie ciało albo jest stałe albo płyn-  
né (Xię. I. Rozd. II. 3.). Stałe znowu Ciała giętkie  
tęże i  
ciężkie.  
albo giętkie, gdy się łatwo naginać może,  
a nie łamie się, albo tęże: cięgiem zaś to  
się nazywa, które bądź łatwo, bądź z tru-  
dnością znacznie podłużoném być może,  
a nie rozrywa się. Ciało bardzo giętkie  
iako to strona muzyczna, jest też cięgie, i  
łatwo znacznie się przedłuża zawieszo-  
nym jakim ciężarém, i nawet ciała takie,  
przez samo naginanie rozciągają się, a za-  
tém ciała te, które się bardzo naginać mo-  
gą, znaczney też długości nabywają bez  
rozerwania. Tak wiadomo jest przez  
doświadczenie, że strona długa na 3 stopy

O Pa.

Paryżkie ciężarém dwóch funtów Paryżkich przedłużyć się może na 9 linii, ciężarém dwoistym na 17, troistym na 23. czworakim - na 27 linii, (Mem: de Paris 1705); z czego się razém pokazuje, że takowe ciała przez naciąganie wraz mniej ciągnięmi się staia, i że równym ciężarém tém mniej się podłużała, im więcej są już podłużone i napięte. Zaczém gdy ustawicznie ciężaru przybywá wreszcie rozrywają się, tak, iako i inné ciała wszystkie nieciągnę, których bez rozerwania znacznie podłużyć nie można.

## § II.

Ciało znacznie sprężyste i ciągnę, odiawszy ciężar, którym się podłużało, znowu powraca do piérwshy długości, z czego się pokazuje, że przez podłużenie i wyprężenie iego, siła która cząstki ciała spáia, minieyszą się nie staie. Zaczém takie ciało ciągnę bez pochyby większy ciężar przyczyniony wytrzymać może, nim się rozerwie, niż gdyby takowąż siłę mając nie było ciągnę. W tén czas albowiém ciężar zawieszony natychmiastby zmniejszał w niem siłę spoięcia, gdy zaś iest ciągnę, trzeba naprzód pewnego ciężaru iakiego do podłużenia, co gdy już iest, powiększwszy ciężar dopiero się osłabia spoięcie w cieie. Zaczém siła, przez którą ciało opiera się rozerwaniu, i którą zowiemy *siłą spoięcia bezwzględną* w cieie (vis cohae-

coherentia absoluta) większą się znajduje, gdy inne okoliczności są jednakowe, w ciałach giętkich sprężystych, niż w innych.

## §. III.

Jakieżkolwiek ciało jednorodne stałe i nie jednakowo grube, w tém się mieyscu rozrywa, w którym jest najcieńsze; zatem jeżeli całe ciało jest iednostaynie grube, to jest, jeżeli wałkowate albo graniastoslupowe rozrywa się na przecięciu do swéy osi prostopadłym: bo takie przecięcie między wszystkiemi przecięciami poprzecznemi jest najmnieysze. Jeżeli więc dwa ciała wałkowate albo graniastoslupiate, nie ciągłe, iednorodne, podobnie zrobione, ciężarami P i p rozrywają się w przecięciach AB, CD prostopadłych do ich osi, siła spoięcia bezwzględna tych ciał równa jest summie sił, któremi się części na powierzchniach AB, CD z sobą się stykające spaiają. Gdy więc którekolwiek dwa punkta w jedném ciele iednakową siłą są spoione, iak dwa punkta w drugim, idzie stąd, że siła bezwzględna w obu ciałach będzie iak liczba punktów z sobą się stykających, to jest, iak przecięcie CD albo AB. Dajmy n. p. że ciała są wałkowate, i że srednica iednego jest do srednicy drugiego iak 1:2, tedy bezwzględne siły ich będą, iak 1:4, albo ogólnie mówiąc, iak kwadraty srednic.

Stosunek  
sił bez-  
względ-  
nych spoi-  
ności ciał  
nie cią-  
głych.

Fig. 59.

## §. IV.

Stosunek siły bezwzględnej spójności w ciałach ciągliwych.

Ale jeżeli z dwóch ciał sprężystych jedno jest więcej ciągle, drugie mniej, chociaż oba są jednorodné, to drugie nigdy tyle ciężaru wytrzymać nie może, jakoby podług stosunku swęj podstawy wytrzymać powinno (2.) tak sztuki metalowe sprężyste znacznie naginane i podługane byż mogą bez rozerwania, gdy są cienkie, ledwie zaś trochę nagiąć, albo przedłużyć ich można gdy są grube. Przeto i sztaba żelaza graniastostupna, której podstawa miała w sobie blisko 700 linii kwadratowych Paryzkich, rozerwała się ciężarém 28000 funtów Paryzkich, kiedy drót idnę prawie linią kwadratową w podstawie mający, był rozerwany ciężarém 490 funtów (Experiences sur la tenacité du fer, par M. Buffon). W przykładach dopiero przywiedzionych, stosunek podstawków był 1: 700, stosunek zaś ciężarów 1: 57, a zatem ostatni od pierwszego blisko dwunastcie razy mniejszy. Sam gatunek żelaza, z którego sztaba zrobona była, zdaie się, iż był daleko podlejszy, niż żelazo w drócie, jednakże pewna jest rzecz, że tak wielka różnica w udzielnęj sile spójności naybardzięj wyniknęła z różnicy między ciągiścią grubego pręta i cienkiego drutu.

## §. V.

Siła bezwzględna

Niektóre ciała z włókien się składają, jako to drzewa, strony, powrozy. Takich

ciał, gdy są wałkowate albo graniastostępne siła spoięcia bezwzględna, jest w stosunku podstaw, byłoby tylko każde z osobna włókno chociaż ciągłe, było równie mocne, grube i iedno od drugiego równoodległe: albowiem im większa jest liczba włókien, tém téż większego ciężaru do rozerwania ciała potrzeba będzie, liczba zaś włókien zawsze jest w stosunku podstawy ciała. Zaczém stron i powrozów z jednakięj materyi, siły bezwzględne spoyności, niewątpliwie byłyby w stosunku kwadratów grubości, gdyby włókna ich były od siebie równoodległe, a niepokręcone: doświadczenie zaś naucza, że powrozy tém mnięj wyciągać się dają, i tém się tęszemi stają, im są bardzięj skręcone. Ani ta rzecz dziwna bydz powinna, gdyż włókna w powrozach samém kręceniem natężają się i przedłużają, z czego się pokazuje, że w powrozach bezwzględna siła spoięcia, tém bardzięj się zmniejsza, im powrozy są mocnięj skręcone. Tak że dwóch powrozów wcale sobie podobnych i równych, ale z których ieden jest daleko mocnięj skręcony, niż drugi, ten ciężarém 6205, tamtén zaś 4095 funtów rozerwany został (Mem: de Paris 1711); w powrozach jednak kołopnych grubych a osobliwie przydłuższych, gdy są miernie skręcone, siła spoięcia bezwzględna, póspolicie więcéj się pominaża, niż

spoyności  
w powro-  
zach.



niż w stosunku podstaw.... Tak powróż z sześciu włókien równych upleciony zerwał się ciężarem 631 funtów, podobny powróż z dziewięciu włókien złożony 1014 funtami, powróż z 12 włókien 1564 funtami, a powróż z 18 włókien 2145 funtami (Duhamel art de la corderie); gdyż włókna, z których się powrozy składają zwłaszcza długie są niejednostajnie mocne, i zawsze mają w sobie niektóre części od innych znacznie słabsze. Gdy się wiele takowych włókien skręca, słabe części jednego włókna ściśle się łączą z częściami mocniejszymi drugiego, a tak moc powroza, tém jednostajniejszą i większą się robi, im więcej włókien skręcamy. Zaczem jest pewny stopień skręcania w powrozach, od którego ich moc największą zawisła. Jeżeli są mnię kręcone, tedy słabe części włókien z mocniejszymi nie tak się ściśle łączą, jeżeli zaś więcej są kręcone, tedy powrozy bardzo wiele z swojej ciągłości tracą, a tém samem stają się słabymi; wreszcie powrozy wilgotne mnię się wyciągają, i słabszymi są niż suche.

## §. VI.

Różnych  
ciał ro-  
zmaita  
spójność.

Powszechnie zaś doświadczono z porównywania ciał co do wielkości, i co do kształtu zupełnie równych, że bezwzględna ich siła spójności jest bardzo różna, chociaż samé ciała z jednego materjału, czę-

częstokroć udziałane były, bo nie tylko jednego materyału różne się znaydują gatunki, iuż mocniejsze iuż słabsze, ale téż i sposób, którym ciała udziałane bywają. z jednegoż materyału, często wiele wpływa w pomnożenie albo zmniejszenie ich mocy. Między kruszczami stal i żelazo ma naywiększą siłę spoięcia, ołów naymniejsza: przez pomięszanie zaś kruszców i zlewanie, moc iednego różnym się sposobem odmięnia, i nie zawsze w mocy stósunku drugie o kruszczu. Tak w złocie siła spoięcia bezwzględna srebrém się powiększa a bardzięj ieszcze miedzią, w miedzi cyną, w cynie ołowiem, w ołowiu cyną. Mosiadz, który się robi z miedzi i galmanu, od miedzi iest mocniejszy. Ale żelazo przymięszaniem cyny, a srebro przymięszaniem ołowiu, kruchém się staie i słabém. Nad to, wszystkie kruszce klepaniem, zbijaniem staia się mocniejszemi, a czasém we dwoie albo we troje więcéj, iak po odlaniu były, zbyt zaś młotami bité, znowu pospolicie słabieją; tak i ołów kuciem staie się mocniejszy ale razém i rzadszy, z czego poznaiemy, że moc ciał nie zawisła od ich gęstości. Ale i innych ciał spoięcie często się pomnaża cisnąć, albo biąc, iako to sukién, które wałkowaniem prawie we dwoie staia się mocniejszemi.

## §. VII.

Tęgość  
w powro-  
zach.

Fig. 66.

Strony i powrozy czasém z trudnością zginane i zwiłane, bydlż mogą: doświadczyć zaś ich można tęgości w następujący sposób. Wałek ABC obwiąż sznurkiem iedwabnym bardzo giętkim, i na iednym iego końcu E zawieś ciężar P, na drugim zaś szalę, na która włoż ciężar pierwszemu równy; potem dodawaj ciężaru na szali dopóty, póki wałek około swęj osi poziomie utrzymaný nie zacznie się obracać, tym sposobém wymydziesz cały ciężar, którego potrzeba użyć na przewyższyć tarcia w wałku, gdy go ciężar P z obu stron ciśnie (o tarciu nie bawiąc mówić będziemy). Toż zdiawszy sznurek iedwabny okręć około wałka, powróz którego tęgość chcesz poznać, z obu iego końców téż ciężary zawieś: to zrobiwszy znowu trzeba będzie przydać iaki ciężar na szali, którymby wałek zaczął się obracać, téń nowo przydany ciężar, będzie równy przeszkodzie, która iest z tęgości powroza. Tym sposobém doświadczone, iż w tymże samym powrozie pomnażają się tęgość prawie tak, iak ciężar P, pomnażają się daléj większym zginaniem: im bowiem mniejszy iest wałek ACB, a zatém im większa iest wałka i powroza krzywosć, téń większego potrzeba ciężaru strony D, żeby wałek począł się kręcić, ze dwóch powrozów wcale sobie podobnych, grub-  
szy

szy jest cięższym, a to w stosunku grubości, jeżeli bowiem średnice powrozów są jak 1: 2 albo jak 1: 3, a oba równy ciężar  $P$  wyciąga, będą też przeszkody w obwianiu obu, jak 1: 2 albo 1: 3. Zaczem gdy liczba włókien grubszego powroza, który ma średnicę 2, jest do liczby włókien cieńszego, którego średnica 1, jak 4: 1, idzie stąd, że jeżeli każde z osobna włókno w jednym powrozie jednakową siłą ma ciągnąć jak i w drugim, na grubszym powrozie trzeba zawiesić ciężar  $4P$ , na cieńszym  $P$ , w tym razie zaś tęgość pierwszego do tęgości drugiego będzie, jak  $8P: P = 8: 1$ . Podobnymże sposobem, gdy każde z osobna włókno w powrozie, którego średnica jest 3, ma bydź ciągnięte siłą równą, jak włókna w powrozie mającym średnicę 1, trzeba zawiesić na pierwszym ciężar  $9P$ , a zatem tęgość grubszego, będzie do tęgości cieńszego jak 27: 1. I tak ogólnie się pokazuje, że jeżeli dwóch powrozów zewszęch miar do siebie podobnych, ale nie jednakowo grubych, każde z osobna włókno równie jest natężone, że mówię tych powrozów tęgości będą w stosunku sześciastków z średnic.

### § VIII.

Bardzo wiele ciąż tegich łatwo się łamie, choć miernie je zginamy, ta siła, którą względna się opieraia w łamaniu nazywa się ich siłą spoy-  
spoyności względną, (vis cohærentiæ relativa).

ności  
w ciałach.

Fig. 61.

tiva). Między takowemi ciałami, osobliwego zastanowienia godne są balki, w zginaniu podobne są powrozom takim, gdyż równie iako i powrozy z włókien się składają. Balki poziomé długością, jest ten rozmiar, który idzie kierunkiem włókien w drzewie, wysokością zaś jest wymiar pionowy, a szerokością poziomy, tak wysokość iako i szerokość, jest prostopadłą do długości. Względna zaś siła w balce poziomé, która ma oba końce dobrze podparté równą się summie z połowy ciężaru balki, i z połowy ciężaru, który pośród balki ma być zawieszonym żeby się zaczęła łamać. Niech albowiem AB będzie linia poziomą, tęgą i iednakowo ciężką, w końcach A i B podpartą, rozdzieliwszy ją na dwie części równé  $AC = BC$ , obie te części będą dźwigniami prostémi i równémi. Punkt zaś C dźwigni BC, przez swój ciężar R, tym samym sposobem na dół idzie, iak gdyby tenże ciężar był zawieszony tam, gdzie szrodek ciężkości E w dźwigni przypada, (Xie. II. Rozd. III. 2.). A zatem trzeba go podnosić siłą  $\frac{1}{2} R$ , żeby dźwignia zostawała w równoważności (Xie. II. Rozd. III 5.). Podobnymże sposobem punkt C w dźwigni AC równą siłą ma być podnoszony. Zaczém punkt C na szrodku linii AB przyciśniony jest ciężarém z R, cały linii tak, iak gdyby na nim zawieszony był ciężar  $\frac{1}{2} R +$



$\frac{1}{2}R + \frac{1}{2}R$ , czyli  $R$  a w saméj linii iak gdyby żadného nie było ciężaru. Zaczém i pół tego, co waży balkei, dodać należy do owégo ciężaru, którym się łamać zaczyna; gdyż względna siła spoiénia w balkach, iest równa summie tych ciężarów; albo raczén bardzo nie wielé od niéy mnieysza.

## § IX.

Balka pozioma, ciężarém posród niéy zawieszonym zginá się w całén swén długości, to iest, od iedného końca podpartégo aż do drugiégo: bo przeciąg iéy między obu rzeczónemi końcami, długością balki podparty nazywamy. Jeżeli zaś srzedni punkt  $O$  na osi balki pozióméy, którén długość iest  $AB$ , zniżył się na  $C$  poprowadziwszy linié  $AB$ ,  $BC$  łatwo poznać można, że dla wielkién w balkach tégosci, ós ich skrzywioná bardzo mało odstąpić może od linii  $ACB$ . Zaczém iezeli ós balki dłuższén  $DE$ , podobnie się zniży na  $F$ , tak że iest  $DF : DC = DE : DB$ , skrzywieniá rzeczónych balek, tak się prawie mają iak łuki kolisté równoodleglé przez punkta  $A, C, B$  i  $D, F, E$  poprowadzoné, gdyż pospolicie balki miernie tylko nagięté łamią się, a zatém strzały  $OC$ ,  $OF$ , balek skrzywionych wprawdzie, ale nie złamanych, są zawsze malé względém długości  $AB$ ,  $DE$ . Zaczém krzywość balki dłuższén zawsze mnieysza będzie niż balki krótszén. A przeto iezeli te balki

Względne siły spoyności w balkach iednakowo grubych i podobnych, są w stosunku nieco większym niż odwrótnym długości balek.

Fig. 62.

wcale podobne będą i jednakowo grube, to jest równie wysokie i szerokie, pewnie tak się do siebie będą miały, iak powrozy tegie i jednakowo grube i takowe zaś powrozy więcéy oporu czynią większêy krzywości niż mniejszêy (7.) Zaczém jest rzecza dowo liwą, że z balek wcale podobnych jednakowo długich i szerokich, dłuższą mniejszą siła zgiga, a zatém i złamają bydz może. Wiadomo zaś jest z samego doświadczenia, że się tak rzecz ma, iż siła spoiénia względna w balkach, przynajmniêy w dębowych, w trochę większym stosunku zmniejsza się, iak jest tén, w którym długości balek przybywa. Tak z pomiędzy balek dębowych wcale podobnych na 5. calów stopy Paryzkiêy, szerokich i długich, ta się złamała, która była na 7 stóp Paryzkich długa, w przeciągu blisko jednéy godziny ciężarém 11,500 funtów Paryzkich, 14 stóp długa 5300, a 28 stóp długa, 1780 funtami Paryzkiemi: ciężar zaś samych balek był 92, 177 i 362 funtów, (Buffon *Experiences sur la force du bois*). Zaczém siły spoiénia względne w tych balkach miały stosunek 5,9; 2,7. i 1. (8.) długości zaś iak 1, 2, 4 między sobą były.

## §. X.

Względne  
siły spoi-  
ności

Ale dwie balki wcale podobne, równie długie poziome i w końcach swoich podparte, gdy ich szrodki jednakowym ciężarém

rém ciśnieniy, iednakowo téż się zginaia. Zaczém ieżeli iedna balka A n. p. na 6, drugi B. na 3 cale iest wysoka i szeroka, tegość piérwszy do tegości drugiey, podług wszelkiego podobieństwa, będzie w stosunku sześcianów z długości albo z wysokości, to iest iak 8:1, bo w obu iako podobnych sobie włókna są równie naciągnięné (7.). Zaczém siły spoięcia względne P i Q rzeczonych balek podobnie będą w tymże samym stosunku, co téż i doświadczienie pokazuje: albowiem z pomiędzy balek dębowych podobnych długich na 12 stóp, iedna która była na 4 cale wysoka i szeroka, a wążyla 99 funtów Paryzkich, złamała się ciężarém 2987 funtów, druga zaś na 8 calów wysoka i szeroka a 396 funtów wążaca, ciężarém 23450 funtów. Zaczém siły spoyności względne w tych balkach były prawie iak 1:8. Lecz ieżeli trzecię balki C równą długość mającę do balek A i B wcale podobną, wysokość iest 6, szerokość tylko 3. cale, łatwo zrozumieć można, że téy siły spoyności względna iest do siły spoyności względney w balce A iak 1:2 a zatem  $= 4P$ ; gdyż balka A równa iest dwóm balkom C obok siebie położonym, i té balki ciśnione wcale iednakowym sposobem skrzywiaia się, czyli są złączone z sobą czyli nie są. Zaczém siły spoyności względne w balkach C i B są między sobą iak

w balkach podobnych i iednake długich i szerokich są w stosunku dwu mnożnym wysokości balek.

iak 4:1, to jest, w stósunku dwumnożnym wysokości. I tak powszechnie okazać można, że balek podobnych równie długich i szerokich siły spoięcia względne są, iak kwadraty wysokości balek.

## §. XI.

Jakim sposobem siła spoiności względna daney bal-ki wyrachowana być może.

Zaczém tegość balek wcale podobnych i równie długich, iest prawie w stósunku składanym z szerokości i z kwadratów wysokości, albo iak wieloczyn z szerokości przez kwadrat wysokości. A że w bal-kach podobnych i iednakowo grubych tegość iest w trochę większym stósunku, niż w odwrotnym długości (9.) łatwo wyrozumieć można, iż doszedłszy mocy w mniejszym graniastosłupie drewnianym, może być wynaleziona przez rachunek, blisko prawdziwie tegość graniastosłupa podobnego. Graniastosłupek dębowy n. p. na ieden cal szeroki i wysoki, a na 3. stopy długi przelamany został ciężarém 260 funtów Paryzkich. Dámymy więc, że w jnnéy małeý balce bardzo podobnéý do tamtéý, równie grubéý, ale na 12 stóp długiéý tegość iest do mocy graniastosłupa, iak 1: 5, 9. (9.); pomináwszy iéy własną ciężkość, następuje, że powinna się złamać ciężarém prawie 44 funtów. Zaczém podobná bálka dębowa 12 stóp długá, a 8 calów wysoka i szeroka, złamie się 44, 8. 8, 8, to iest: 22, 528. funtami. A że złamana była w saméý rzeczy ciężarém blisko

blisko 24000 funtów (Buffon). Zatem stąd także pokazuje się, że każda balka nierówne boki mająca większy ciężar włożony wytrzyma, gdy się ciężar położy na boku miąższym niżeli na szerszym. Nad to, balka mocniejszą się staie, częścią przez pale podstawione, czyli przez podpory, gdyż tym sposobem niby na wiele balek podzieliła się, których długość taka jest iaką odległość podpór (9.) częścią gdy w jakimkolwiek sposób tak jest związana z innemi balkami, że inaczej się złamać nie może, chyba z innemi spólnie złamana będzie. Balka obu końcami w mur wpuszczoną, nie jest znaczniéj mocniejsza, iak gdy na dwóch podporach obu końcami wolnie leży, co doświadczenie potwierdza. Balka cała iednostajnie ziemią, albo piaskiem, albo w inny jakikolwiek sposób obciążowaną, tak się ma, iak gdyby sama cięższą się stała, a żaden ciężar na nią nie był włożony. Zaczém ieżeli ow cały ciężar obciążowania razem z ciężarém całej balki jest R, tymże samym sposobem obciążoną jest balka, iak gdyby pośród iéy miał ciężar  $\frac{1}{2}R$ , (8.) a zatem gdy tak iednostajnie podzielony jest ciężar, we dwoie więcéj wytrzymać może niżby wstrzymała mając cały ciężar po śródku siebie zawieszony.

### §. XII.

Podstawę każdéj kłody, czyli przecięcie do osi kłody prostopadłe można brać

Najlepszy



kształt b.  
lek.

Fig. 65.

za koło, a podstawę każdej balki wyciesza-  
nuy z owęy kłody za prostokąt w tym ko-  
le wpisany. A że nieskończona liczba ta-  
kich prostokątów w tymże samym kole  
AEF wpisanych bydź może, iaki jest pro-  
stokąt ABDC, z których każdego prze-  
kątńia CB, równa się szrednicy koła.  
Zaczém z kłód wcale równych różné bal-  
ki wyrabiać można iuż szersze, iuż  
wyższe. Jeżeli zaś chcemy wiedzieć,  
któraby balka między innémi naleyshiego  
kształtu była, szukamy iaki stósunek mię-  
dzy szerokością i wysokością balki, któ-  
réy przekątńia jest nam wiadomá bydź  
powinién; ażeby taż balka stała się iak na-  
móćniejszą, używszy rachunku, znajdzié-  
my, że rzeczoný stósunek szerokości do  
wysokości jest  $= 1 \sqrt{2} = (b)$ ; z czego się  
poka-

(b) Dámy, że  $CB = 1$ , a będzie bok CD zawsze  
mniejszy od iedności, z dodaniém, albo uję-  
ciém ułomka  $9$ , jeżeli przypuszczamy, że  
 $CD = \frac{1}{3} + 9$  a tak będzie  $DB = \frac{2}{3} + 9$ , a moc  
w balce, która má bydź z kłody wyrobioná,  
(gdy długość teyże balki jest iednakowá) iak  
 $DB^2 \cdot CD$  (§. 11.)  $= (\frac{2}{3} + 9) \sqrt{(\frac{1}{3} + 9)}$   
Zaczém  $f^2$  jest iak  $(\frac{1}{9} + \frac{4}{3} 9 + 9^2)$ ,  $(\frac{1}{3} + 9)$   
 $= \frac{4}{27} - 9^2 + 9^3$ . Zetedy  $9$  wyrażá ułomek,  
będzie zawsze  $9^2 > 9^3$  a zatém  $- 9^2 + 9^3$   
zawsze ilościá odiémná, a przeto  $f^2$  jest za-  
wsze ilość mnieyszą niż  $\frac{4}{27}$  bądź  $9$  znaczý ilość  
odiémná, bądź dodatńá. Zaczém  $2$ , a przeto  
i moc

pokazanie, że wszystkich balek, których w budowlu używamy, ten kształt być powinien, ażeby stósunek szerokości do wysokości przypadął, między stósunkami 2: 3 i 3: 4.

## §. XIII.

Jeżeli jaką balę dużym ciężarém znacznie skrzywimy, i tak skrzywioną zostanie przez czas dosyć długi, n. p. przez kilka miesięcy ciągle, złamie się na koniec, chociaż ciężar którym ją ciśniemy nie przechodzi dwóch trzecich części większego ciężaru, którego użyć potrzeba było, gdybyśmy balę w przeciagu kilku godzin zламać chcieli. Tego skutku pewnie nie inną jest przyczyna, tylko że drzewa i wiele innych ciał długo ciśnione albo ciągnięte, część swojej sprężystości tracą, przez zginanie zaś balki się natężają i rozciągają. Że bowiem siła, którą balki w łomaniu opór czynią po części od ich sprężystości zależy, a przez sprężystość tćm mocnić się wspierają, im więćcy w nich natężenia i podłużenia przybywają, (1.) nie jest rzeczą dziwną, iż przez ustawiczne zginanie niełaka część swęj sprężystości utraciwszy łatwićy zgiętemi,

Moc w bal-  
kach zale-  
ży nie od  
samógo ich  
kształtu,  
ale i od in-  
nych przy-  
czyń.

P a za-

i moc f balki jest náywiększą, gdy  $o = 0$ . W tćn czas albowiём  $f^2$  jest jak  $\frac{4}{27}$ ;  $CD^2$  zaś  $= \frac{1}{3}$ ;  
 $CD = \sqrt{\frac{1}{3}}$  DB zaś  $= \sqrt{\frac{2}{3}}$ , a zatćm  $CD$ ;  
 $DB = \sqrt{\frac{1}{3}} : \sqrt{\frac{2}{3}} = 1 : \sqrt{2}$ .

a' zatém i złamaniami bydz mogą. Przeto też bałka którą wciąż przez kilka miesięcy ciężar przywiększy znacznie krzywił ale nie złamał, potém daleko iest słabszą, niż była pierwéy; gdyż równym ciężarém, owszém i mnieyszym naciśnioną znowu często wkrótce się łamie. Zaczém w budowlach długo stać mających, nigdy nie trzeba obładowywać balek większym ciężarém, jak tylko połową, a którymby podług wyrachowania i doświadczenia złamaniami bydz mogły w przeciągu kilku godzin. Bałki nawet równé podług różnego drzew rodzain, z których się robią, iuż mnieyszym iuż większym ciężarém łamią się. Tak bałki z drzew, młodych słabsze są, niż bałki wyrobione z drzew które przyszły iuż do pewnego stopnia dojrzałości, drewna z gałęzi albo z samego wierzechołku kłodziny słabsze są od drewna odziomka, drzewo od kory słabsze iest, niż drzewo od drzenia, także drzewa uschłe słabsze są od żywych. Oprócz tego przez sęki i przez inné włókien przerwania drzewa stają się znacznie słabszemi a czasem przez samę ziemię, na której rosną.

#### §. XIV.

Są niektóre ciała, w które wbiłaiąc klin, albo rzecz klinowi podobną, łupaią się dosyć daleko, albo téż na wiele się części rozlatuią, zwiászczą gdy klin uderzeń.

niem wpędzamy w nie a nie ciśnieniem; przyczyna tego zdać się bydz, że części rzeczonych ciał niby iakiemi nitkami naciągniętemi są złączone, które to nitki podługone i targnione rozrywają się i zerwane kurczą się, tak właśnie iako i strony nateżone gdy się rwia, części ich wstecz odskakują. Z tych ciał iedne pewnym tylko kierunkiem szczepają się iako to drzewa i kamienie łupkie (schisty) i te łupnemi nazywamy, drugi raz iednym, drugi raz innym kierunkiem na wiele się części rozlatują, iak szkło, cukier, półkruszcze, i te chropowatemi nazywamy (des corps aigres). Z obu tych rodzajów ciała są twarde i sprężyste, często się łupają, nawet w ten czas kiedy niektóre ich części bardziéj się podługają, albo skurczą niż inne, byleby tylko ta nierówność w przedłużeniu albo skurczeniu dosyć wielka zasła. I tak deski gdy z jednéj strony znacznie bardziéj od ciepła wyschną niż z drugiéj, często z wielkim hukiem pękają się, gdyż na ten czas włókna w nich bardzo nie równo są ściśkané (Wstęp XIV. 17.). Tak i naczynia szklane albo gliniane, za wlaniem wody wrzące pękają się pospolicie, bo ciepło części ich wewnętrzne bardzo rozciąga (Wstęp XIV. 16.). Podobną iest rzecz do prawdy, że z téjże przyczyny i od gwałtownego dźwięku szkła się rysują a czasem i pękają

(III. Rozd. I. 12.) ; gdyż przez dźwięki iedno brzmiać wiele cząstek we szkle rucnu nabywa, a zatem iedne z nich słrżywiaią się i podłużaia gdy drugie sa nieporuszone. Przeto i ciała, które się łatwo rospryskuia, nader kruche bywać zwykły, bo ich części ledwo mogą być nieiednostaynie podłużonemi, żeby się nie popsuly.

## §. XV.

Szkła i wiele innych ciał twardych przez natężenie gorąca miękkieją się i giętkieją stają, zimnem zaś twardzieją i tęższą. Mianowicie szkło stopione, gdy znagła stygnie, to albo samo przez się pęka twardniejąc, albo też bardzo małą siłą kruszy się w drobne cząstki. Takim albowiem sposobem studzone zewnątrz bardzo prędko, wewnątrz zaś bardzo powoli stygnie, a zatem jeszcze ogniem niemal pała, gdy zewnątrz już jest zimne, przez co części jego nader nieiednostaynie podłużenia nabywają i włókna któremi są spoione, bardzo wielką siłą wypręża. Takiey zaś siły szkło tym sposobem nabywa, znać to na owych kroplach szklanych, które łzami szklannemi (lachrymæ vitreæ) zowiąmy, te robią się kapaniem szkła roztopionego w wodę zimną. Składaia się z główki A, i z ciénkięgo ogónka B, który skruszywszy cała łzownica w proch się rozsypuie, a to jeszcze z taką siłą, iż naczynie

Fig. 64.

Łzyszkla-  
ne i flasz-  
czki Bo-  
nonskie.



czynić szklannę wodą napełnionę cząstkami łzowniczy, rozpryskionemi, często przedziurawione zostały; gdy główka téż łzowniczy, w nim zamrożona pryska. Największa chropowatość owę szklannę kropli zda się znajdować w częściach ię wewnętrznych które najroźniejszy ostygły. Bo można uderzać, drapać, owszem zwięrszchu ostą główkę przycierać, a łzownica się Fig. 65.  
nie kruszy. Lecz jeżeli koniec ogónka zginamy, i tym sposobem wewnętrzne nitki w kropli bardziej się podłużają niż zewnętrzne, kropla natychmiast się kruszy, a to nie tylko w powietrzu, ale i na miejscu od powietrza próżném. Rzeczona kropla szklanna mocno rozgrzana, a potem zwolna ostudzona traci tę osobliwą własność i za utłamaniem ogónka w proch się nie rozsypuje: łzownicom są podobne owe flaszeczki szklanne nie wielkie Bononkie zwané, które łutnicy, gdy w nich jeszcze szkło od gorąca prawie jest ciekłe na wolné powietrze wystawiają, aby zagnęła ostygły. Bo do tych flaszeczek przez szybkę wpusciwszy kawałek krzemienia dosyć ostrego, iżby dno rysował: toż dno acz jest grube, natychmiast się pęka i wypada, gdy zewnątrz flaszkę można drapać i uderzać bez stłuczenia; gdyż krzemieniem przetrznięte nitki wewnątrz flaszeczki, najmocniej w prężném, potężnie się kurczą, a tak dno rozrywają.

## §. XVI.

Ciała  
twardé i  
miękkie.

Wszelkie ciało, które mierną siłą znacznie ściśnione być może; nazywa się *miękkim*, które zaś tak znacznie się nie ściska *twardém*. Wszystkie albowiem ciała mniey lub więcéy ściskane być mogą nawet najtwardsze (Xię. III. Rozd. II. 10.). Ciała miękkie są dwoiakięgo rodzaju; w pierwszym rachuiemy té, które przez ściśnienie stłaczaia się i gęszcza, iako to: glina mokra, śnieg, piłka, poduszka i t. d. w drugim ciała których części ciśnieniu ustępuia, ale nie stłaczaia się n. p. woda, i bardzo wiele innych ciał ciekłych, albo ciepłém zmiękczonych, które pociśnione rozptywiaia się, albo rozciągaia albo w górę idą, a żadnéy odmianie w rozciągu swoim nie podpadaia. Przeto samé ciała stałe na twarde i miękkie dzielić się mogą: bo wszystkie ciała ciekłe są miękkimi drugięgo rodzaju. Ale i te albo się mogą zgęszczać, iako to powietrze, albo nie-moga, iako woda (Wstęp X. 1.), pęcherz zaś albo inné naczynie giętkie cieczą zupeł-nie napełnione jest na kształt ciała twarde-go, gdy cieczą zgęszczać się nie może, a na kształt miękkiego, gdy przez mierné pociśnienie znacznie się ściska. Ciało miękkie piérwszego rodzaju, które téż miękkim bez żadnégo dodatku zowiemy, bądź jest sprężystém bądź nie jest, pewną siłą, w pewnéy tylko części zgęszczone być

bydź może, ale zgęszczą się tém bardziej, im większa siła je ścisną. Z czego się pokazuje, iż takowe ciało czyli jest sprężystém, czyli nie jest, opiera się ściśnieniu, i jeszcze tém mocniej, im go bardziej ścisnąmy, przez ściśnienie zaś staje się twardszém. Tak z doświadczenia mamy, że w budowaniu, albo w biciu palów, nie tylko glina, ale i inne gatunki ziemi tém bardziej twardnieją, im są mocniej przyciśnione. Przeto ciała jednakowo miękkie tém bardziej się zgęszczają, im z większą siłą mocniej je ścisnąmy, nie jednakowo zaś miękkie równemi siłami tém więcej im są miększymi, tak dalece że miękkość w ciałach jest w stosunku składanym z prostego gęstości, a z odwrotnego sił, któremi się ciała zgęszczają.

## §. XVII.

Gdy kula twarda na powierzchni poziomej gliny miękkiej i wilgotnej pionowo spada, doświadczenie pokazuje, iż głębokości, do których taż kula z mierną już większą, już mniejszą wysokości spadnie, w glinę się wbiła, są w stosunku wysokości spadku. Kula albowiem w glinę wchodzić zgęszcza ją i przebiła. Że zaś siła pojęcia w mokrej glinie jest tylko mała, odpór jej pewnie niewiele od samej gęstości pochodzić będzie, przeto tém większym się stanie, im glina bardziej jest zgęszczona, i to im z wyższego miejsca ku-

Odpór ciała ciśnieniem zgęszczającego się.

Fig. 41.

ła spada. Jest więc rzeczą dowodliwą, że spadanie kuli będzie podobne ruchowi strony, która także tém mocniéj się skurcza, im bardziéj od położenia sobie właściwego przez nateżenie odstępnie (Roz. I. 2.) albo téż ruchowi wahadła, które z punktu najniższego N. przez tak bardzo mały łęczek NM, albo ML idzie w górę. Gdy bowiem té łuki są bardzo małe, mogą być poczytane za linie proste, a zatem poprowadziwszy linie poziome LQ MP, prawie będzie  $LN: MN = QN: PN$ . Są zaś QN, PN wysokościami, od których zawisły początkowe prędkości na N, a zatem są w stosunku kwadratów z tychże wysokości. Zaczém gdy przez łuki NM, i NL wyrażaia się głębokości dółków w glinie, iasna jest rzecz, że te głębokości powinny prawie być w stosunku z wysokościami, z których kula spada, albo w stosunku z kwadratami prędkości, z którymi kula w powierzchnią gliny uderza.

## §. XVIII.

Lecz jeżeli kula z pistoletu wystrzelona w drzewo, albo w inne ciało, którego części mocno są spoione wchodzi, odpór w takim ciele pewnie od rozrywania ięgo cząstek największy zależy. Ponieważ zaś każda z osobna cząstka z równą siłą opór czyni w rozrywaniu, iasna jest rzecz, iż całkowity ciała opór, tém większy będzie, im więcéj cząstek w równym czasie rozer-

Opór  
ciał, któ-  
rych czę-  
ści, albo  
się kruszą,  
albo roz-  
ciągają.

rozerwaniu podlegą, to jest im z większą prędkością kula na powierzchnię ciała wpada. Podobnymże sposobem, jeżeli kula spada na powierzchnię poziomą piasku w kupę zgarnionego, odpór w tym razie będzie prawie w stosunku prędkości, z którą kula w powierzchnię piasku uderza. Kula bowiem uderzając w piasek na około go rozpięra i rozsypuje na boki a ledwie co zgęszcza. Zaczem z równą siłą wszędzie cząstki piasku opór czynią, a zatem cały opór od kupy piasku tém większy jest, im więcej się cząstek w jednakowym czasie porusza, to jest im z większą prędkością kula w kupę piasku uderza. Lecz dwie kule zupełnie równe z niejedną prędkością prostopadle wchodzące bądź w drzewo, bądź w piasek, równie z swych prędkości tracą, gdy równie głęboko wchodzą, bo tyleż cząstek iedna rozerwała, z miejsca wyruszyła, ile i druga, a każda cząstka tyleż biegu w obu kulach ujęta. Zaczem jeżeli iedna kula z prędkością  $C$ , druga z prędkością  $2C$  na powierzchnię ciała nabięga: pierwsza doszedłszy do głębokości  $P$ , cały bieg swój traci: druga w równę głębokości, jeszcze będzie miała prędkość  $C$ , a zatem do głębokości  $2P$  dójdzie. Powszechnie zaś mówiąc, łatwo wyrozumiwamy, że głębokości wybitych dołków będą w stosunku z prędkościami początkowemi, co się też do-



doświadczeniem stwierdza. Jeżeli bowiem na proch stuczemy suchą glinę; albo kawał cegły, kule równe i podobne spadły na powierzchnię poziomą téj kupy prochu wybliają dołki, których głębokości są w stosunku trochę tylko większym, niż początkowe kul prędkości; gdyż pewnie byłyby wcale w tym stosunku gdyby proch spadnięciem kuli razem trochę się nie zgęścił ( 17. ),

## §. XIX.

Odporém  
ciał bieg  
się zwraca

Fig 66.

Jeżeli kula twarda mając za srzodek C, nie prostopadłe ale ukośnym kierunkiem CI przez powierzchnię FI, ciała miękkiego P przechodzi; téj kuli nie tylko się prędkość odmienia, ale i kierunek, iakiżkolwiek jest odpór ciała P. Rozdzieliwszy albowiem kuli bieg CI na inne dwa biegi do siebie prostopadłe FI i CF, iasna jest rzecz, że przez odpór ciała P nieiaka część n. p. FG, biegu CF ginie, skoro tylko kula do płaszczyzny IF dochodzi w punkcie najniższym F. Poprowadziwszy więc linią GH od linii FI równoodległą i równą, można pewnie poznać, iż kula zaraznie bieżd kierunkiem CH. Potém gdy kula niżej powierzchni IF zstąpi, jeżeli płaszczyzna DE do kierunku kuli jest prostopadłą, przez srzodek zwolna coraz większa z połowy powierzchni kulistey DAFE. podobnemuż odporowi podpada, iak punkt F, od powierzchni krzywey i równey ciała P,

P, która się styka ową cząstką powierzchni kulistey. Ponieważ zaś bieg kuli równoodległy od powierzchni ciała P, nie może mieć przeszkody od tegoż ciała, a zatem odpór rzeczonego ciała na każdym punkcie jest tamże zwrócony ku C, średni kierunek, którym szrodek C przez ténże odpór w górę idzie, przypada między FC i IC. Zaczém ténże szrodek po mału co raz bardziej odstepuie od linii CA w górę, a zatem przybiega linią krzywą COL. Ale skoro cała kula, aż do najwyższego punktu I na kole wielkim, które do kierunku kuli LN jest prostopadłym, zanurzy się pod powierzchnią IF, ow kierunek LN, więcący się nie odmiénia: bo iak łatwo wyrozumiec można, średni kierunek odporu na przeciwko połowie powierzchni kulistey IQM, która sama odpóróm ciała P podléga, przez średni punkt Q téżże powierzchni przechodzi, a zatem jest wprost przeciwny kierunkowi szrodek kuli LN. Zaczém kula która biegła w powietrzu linią prostą BC w drzewie, glinie, albo w jnném iakiém cieie gęstszym od powietrza, idzie linią LN, a zatem od prostopadléy CP odstepuie, tak iako i światło (Wstęp XI. 12.). Tak kule z pistoletów ukośnie wystrzeloné w wodzie nawet zbliają się z swéy drogi, bo woda bardziej przeszkadza ich biegóm, niż powietrzé.

Fig. 67.

## §. XX.

Ciało  
twarde,  
prostopa-  
dle spad-  
szy na in-  
ne ciało  
miększe  
od siebie,  
po spolicie  
odbija się  
od niego.

Jeżeli ciało twarde na inne miększe z miłą prędkością, prostopadle na-  
biega, tedy od niego po spolicie się odbija;  
gdyż ogólnie mówiąc, ciało uderzone  
skruszyć się, albo być przedziurawionem  
nie może, chyba że ciało uderzające z do-  
styc wielką prędkością bieży. Jeżeli pręd-  
kość jest przymniejsza, części ciała ude-  
rzonego nie rozrywają się, ale się tylko  
stłaczają (Xię. III. Rozd. II. 16. 17.).  
Zaczem ciało twarde zwolna wpadając na  
miększe, albo wcale żadnego w niem dot-  
ku nie robi, ale go stłacza tylko, i samo  
się ciężarem ścisła i tym się sposobem od-  
bija, gdy jest sprężyste, choć tylko po czę-  
ści (Xię. III. Rozd. II. 18.) albo też dotek  
w niem robi i wbiła się, lecz nie głęboko,  
a w tym razie łatwo także odskoczyć mo-  
że, i w samę rzecz odskakuje: bo pręd-  
kość jego przez odpór ciała miększego  
ustawicznie się zmniejsza, a zatém przy  
końcu biegu cząstki rzeczonego ciała,  
już się więcej nie rozrywają, ale tylko  
stłaczają. Tak kula ołowiana albo żela-  
zna z miedzią prędkością uderzając w pień  
odskakuje, bo go przedziurawić nie może,  
a nawet choć go trochę i przedziurawi,  
odskoczy jednak. Kula ołowiana, mają-  
ca średnicę  $8\frac{1}{2}$  linii Paryzkich prędkością  
którą 1600. stóp Paryzkich w jednę se-  
kundzie jednostajnie przebiec może, z pi-  
stole-

stoletu wystrzeloną prostopadle w pień wiązowy wchodzi do głębokości  $4\frac{7}{10}$  calów Paryzkich (Robins Artillerie). Zaczem taż sama kula z wysokości  $3\frac{7}{10}$  stóp Paryzkich spadłszy, a zatem pozyskawszy taką prędkość, z któraby w jednéj sekundzie 16 stóp Paryzkich przebiegała (Xię. I. Rozd. V. 2.) gdyby mogła dziurawić pień, nie weszłaby wń głębię iak tylko na pół linii Paryzkiey blisko, albo na półsetną czastkę  $4\frac{7}{10}$  calów stopy Paryz: (13.) a zatem łatwoby odskoczyć mogła, chociażby zostawiła nie wielki dołek w drzewie. A że biegąc z tą prędkością drzewa przedziurawic nie może, przeto odskakuje, a drzewo ściśnione sprężystością swoją znowu do dawnego kształtu powraca, a żaden dołek w niem nie pozostaje. Wreszcie każdy łatwo wyrozumieć może, że odpór w ciałach przymiększych ogólnie zależy od kształtu wielkości i ciężkości gatunkowey ciał twardych (Wstęp X. 23.)

## §. XXI.

Kulę z dział wojennych wystrzelone, wchodzą w ziemię, gdy w nią prostopadle uderzają, lecz odskakują, gdy znacznie ukośa w nią bią. Jeżeli bowiem kierunek kuli CI, do powierzchni ziemi FI pod kątem CIF dosyć małym, iest schyłony, prędkość CF, w birgu kuli prostopadłym do ziemi zawsze iest mała, a zatem i ku-

Gdy ciało  
twardé na  
miększe  
wpada  
bardzo u-  
kośnie,

choćby  
reż z náy-  
większą  
prędkością,  
tedy jednak  
od niego  
pospocnie  
się odbija.

Fig. 43.

i kula małą tylko cząstką około F w ziemię wchodzi i w téj cząstce się stacza i odskakuje (20.). Tak więc znowu pod nieco mniejszym kątem podnosi się (Xię. III. Rozd. II. 20.) i ciężarém swoim przebiegając, tak w ziemię bardzo z ukosa powtórnie uderza, (Xię. I. Rozd. VI. 8.). Tym sposobém kilka razy odskakując na każdym miejscu, w którym ziemi dopada, brózdę podługowatą zostawia, wrz bardziey w biegu staje, a na koniec biędz przestaje. Kule z dział albo z pistoletów bardzo ukośnie wystrzeloné, także od powierzchni morza, albo i ziora powielokrotnie, wystrzeloné odskakują, chociaż odpór z przedzielenia wody pochodzący jest bardzo mały, tak, że kula gdyby zgoła żadnego biegu nie miała, własnym ciężarém przez całą głębokość wody, na dnoby poszła. Kula C wyrzuconą z wielką prędkością, kierunkiem CD, mało co wyniesionym nad powierzchnią morza poziomą AB, przez znaczny przeciąg téż powierzchni tak bieży, iż wielką ięć część widać nad wodą. Zaczém woda przed kulą niby górkę FE czyniąc koło boków téż kuli nazat spływa, i tém wyżey się podnosi, im jest większa prędkość kuli (Wstęp II. Rozd. II. 30.). Zaczém dopóki kula tak bieży woda po której płynie ustawicznie i w górę podbija; gdyż słup pionowy FH GE zawsze jest wyższy,



wyższy od takowégoż słupa EG IA a zatem ten pośledni ustawicznie się podnosi. Przeto bieg pionowy w kuli iako bardzo mały, tym sposobém ginie, nakoniec ze wszystkiém i kula ściśnioną odbija się, byleby tylko wzniesienie wody na FE, dosyć wielkie było. Podobnymże sposobém i skorupki albo płaskie kamyki, którém dzieci czasém dla rozrywki na powierzchni jeziora albo rzeki bardzo z ukosa rzucają, po wielé razy odskakują, a wreszcie za osłabieniem rzucenia toną.

## R O Z D Z I A Ł V.

### *o tarcii*

#### §. I.

Wszystkich zgoła ciał powierzchnie nie są zupełnie gładkie, nawet wygładzone i wypolerowane, i ta nierówność jeżeli nie samém okiem doyrzana, tedy przez drobnowidz postrzeżoną być może. Zaczém gdy dwa ciała stykają się z sobą, i czyli własnym ciężarém, czyli inną jaką siłą do siebie są przyciśnione, cząstki styrczące iednego, wchodzą pomiędzy cząstki styrczące drugiego, przez co bieg ich, gdy je ciągniemy, albo poruszamy przeszkodę ponosi. Tę zaś przeszkodę w biegu *tarcii* nazywamy (Wstęp XIII. 4.) które *tarcie* jest dwojakiego rodzaju: często albo-  
wiém

*Tarcie  
pierwsze  
go i dru-  
giego ro-  
dzaju.*

wiem przez wzmiankowaną niegładkość w powierzchniach z sobą się stykających nie tylko bieg ciałom udzielony, tamuje się albo osłabia, ale też nadto inny ruch kołowy w nich powstaje. Tym się sposobem koła wozowe, gdy wóz poziomie idzie, obracają. Gdy bowiem koło ziemi się dotyka na dole, w jednym tylko punkcie fizycznym pociągnawszy wóz, części owego punktu styrczące wpadają na takowąż część ziemi, a koło na rzeczonym punkcie mimosrzedkowému uderzeniu podlega, a zatem obraca się (Xię. III. Rozd. II. 21.). Podobnym sposobem kule także i inne rzeczy okragłe na płaszczyźnie poziomé popędzone obracają się razem i biega. Zaczem tarcie drugiego rodzaju jest natén czas, gdy przez chropowatość powierzchni i ich zetknięcie w jakim ciele powstaie ruch kołowy: pierwszego rodzaju, gdy żaden takowy ruch nie wynika. Ale trzeba to dobrze pamiętać, że ruch kołowy ciała które podlega tarcia drugiego rodzaju, od nierówności jego powierzchni, i od nierówności drogi, która się toczy, pochodzić powinién. Jeżeli bowiem ciało dla innej przyczyny obraca się, iako to błoczek około swéj osi, gdy z jednéj jego strony większy ciężar zawiesimy niż z drugiey, takié tarcie do pierwszego rodzaju należy.

## §. II.

Gdy ciało D kładziemy na tablicy AB nieruchomej i poziomie stojący to właściwym ciężarém, albo też ciężarém sobie przydanym, ciśnie tablicę, a zatem ciągnięte na tablicy poziomie, tarcie podlega, ani się zaczyna poruszać, chyba używszy znaczney siły, lubo odrazynniejszey poruszyc by się powinno, gdyby tarcia nie było; zaczem przez samo tarcie poziomie opiera się, i nieiako odciąga siłą równą téj sile, z którą pociągnięte zaczyna z miejsca się poruszać. Póki albowiem ciągnie go siła, która tarcia nie przewyższa, ruszyć się nie może, lecz skoro owa siła co raz bardziéj lubo zwolna powiększana, nie co tarcie przewyższy, tedy zaraz ciało się porusza. Zaczem tę siłę zwolna pomnażaną, wtedy kiedy ciało bież zaczął na sprawiedliwie poczytućmy za najbliższy wyrównywiącą tarcie. Przeto gdy sznurek iedwabny przyczepimy do ciała, i ténże sznórek założymy na bloch C, w końcu tablicy wprawiony, można wyznaczyć wielkość tarcia przez zawieszony ciężar E. Bądź albowiem, że bieg ciała D podlega przeszkodzie od tarcia, które blok ma około swéj osi, przecięż tą przeszkoda, tak jest mała, iż zaniechana być może, byleby tylko szerokość bloku, względem grubości osi, dosyć znaczna była, a obie powierzchnie należycie gładkie,

Q

gdyż

Jakim sposobem wy-  
nalezioné  
bydź może  
tarcie  
przez ciężar którym  
ciało na ta-  
blicy po-  
ziomej,  
trzeba cią-  
gnąć, nim  
bieść za-  
cznie

Fig 69.

gdyż ogólnie wielkość tarcia nawet między ciałami zupełnie równymi i podobnemi, które wcale w jednakowy sposób poruszane bywają, znacznie już większą, już mniejszą postrzegamy, tak dalece, że iey dokładnie nigdy określić nie można, lecz tylko przez przybliżenie do granic, które ona przechodzi, lub nie dochodzi. Te zaś granice inaczej wynalezione być nie mogą, iak tylko przez wiele doświadczeń. Naywięcej bacznie na to mieć należy, żeby część sznórka FC była poziomą, bo ta tylko przeszkoda w biegu do tarcia należy, przez którą ciało kierunkiem powierzchni AB niby się wstecz cofa. To wszystko zachowawszy, gdy zawiesimy szalę na E, kładąc na niey coraż więcej ciężarów, póki ciało z miejsca iść nie zacznie, summa tych ciężarów i ciężaru szali, będzie równą tarcia ciała D.

## §. III.

Drugi sposób do wynalezienia tarcia jest takowy, ciężar P, ciała położonego na płaszczyźnie nachylonej pod kątem A do płaszczyzny pozioméj można rozdzielić na dwie siły, na jedną V, przez którą ciało płaszczyznę cisnie, i która jest = P. dost. A. na drugą F = P Wsta: A, która nagli ciało do spadania (Xię. II. Roz. III. 16.). Za-

czém gdy jest P, =  $\frac{V}{\text{dost. A,}}$  będzie F = Wsta.

V. Wsta. A = V. Stycz. A. Położywszy więc dosta. A

ciało na tablicy ruchoméy, i podnosząc je zwolna co raz bardziéy nad płaszczyznę poziomą, ieżeli ciało po niéy spadać nie zaczyna, iedno w tén czas kiedy kąt nachylenia, między płaszczyzną poziomą i tablicą jest  $= r$ , toż ciało na téyże tablicy poziomie siłą V Stycz. r pociągnięte, zapewnéy się ruszyło z mieysca, gdyby tablica była poziomą, a w cieie sam tylko ciężar P, dosta.  $r = V$  znajdował się. Zaczém tarcie ciała jest  $= V$  stycz. r (2). Tak gdy na desce miernie wygładzonéy kładziemy graniastostup z drzewa albo z kruszczu zrobiony, nie bardzo ciężki, doświadczenie pokazuje, iż kąt  $r$  jest pospolicie od 18. stopniów nieco mniejszy. Gdy tedy styczna  $18^\circ$  jest  $= 0,32$ , idzie stąd, że tarcie pierwszego rodzaju takowych ciał pospolicie jest mniejsze od trzeciéy części téy siły, z którą ciała płaszczyznę ciśnie.

#### §. IV.

I takie to mówiąc ogólnie bywá tarcie pierwszego rodzaju, w drzewach, kruszczach, kamiéniach, gdy powierzchnie tych ciał, ani są chropowate, ani z wielką dokładnością wygładzone, ale miernie gładkie, gdy szerokość i długość powierzchni z sobą się stykających jest znaczną, ani tak szczupłą, iżby ciała w częściach dotknięcia kończącemi nazwać się mogły; gdy na ko-

Prawa tarcia pierwszego rodzaju.

Q<sub>2</sub>

niec



niec i siła, którą ciała iedné do drugiego przyciska, iest znaczna. Té trzy warunki przypuściwszy postrzeżono z wielu doświadczeń, że tarcie pierwszego rodzaju, między drzewami, kruszcami, i kamieniami, koniecznie nieco się powiększa, gdy powierzchnię z sobą zetkniętych znacznie przybywa, wszelako náywięcéy zawisło od samey siły, którą ciała przyciska i téy siły pospolicie iest náywięcéy trzecia częścią, a często ieszcze i mnieyszą, kształt zaś powierzchni, które się z sobą stykają, wcale nic do pomnożenia albo zmniejszenia tarcia nie wpływa; wreszcie bardzo ciężkich ciał których powierzchnia dotykająca się, iest mierna, tarcie daleko mniej wynosi niż trzecią część ciśnienia. Tak okręty na ziemi nowo zbudowane, przy spuszczeniu na morze własnym ciężarém zsuwać się zaczynają po płaszczyźnie  $4\frac{1}{2}$  stopniami do poziomu nachylonéy, i tarcie ich nie dochodzi dwunastéy części ciśnienia, gdyż

$$\text{styczna } 4\frac{1}{2} = \frac{787}{10000}. \text{ Co się zaś tycze}$$

ciał kończastych chropowatych, albo z wielką dokładnością wygładzonych, lub téż bardzo gładkich, albo małą siłą do siebie przyciśnionych, tych tarcie wprawdzie iest większe, niż w jnnych, iednakże tak niepewném bywać zwykło, iż go okréślić zgoła nie można.

§. V.

Tarcie się zmniejsza przez głądzenie i polorowanie mierné, ale, przez bardzo wielkie, znowu się pomnaża: zmniejsza się téż często wlewaniem ciecz pomiędzy powierzchnie zetknięte. Tak między kruszcami, tarcie łołem albo olejem, między drzewami i kruszcami łołem; między drzewem a drzewem mazią, albo mydłem, między drzewem i kamieniami wodą się zmniejsza prawie na szóstą część. Lecz tarcie drzewa o drzewo pomnaża się olejem i w powszechności wszystkich ciał tarcie miększym się staie, przez rozsypanie prochu czyli piasku, albo téż gdy się ciała bardzo rozgrzeją (Wstęp XIII. §.). Nad to tarcie między stalą i stalą, między mosiężem i mosiężem większe zachodzi niżeli między stalą i mosiężem, a ogólnie mówiąc pospolicie dostrzegamy, że większe tarcie iest między ciałami iednego niż różnego rodzaju, ale nie zawsze; gdyż stal w drzewie większemu tarcu podlega, niż drzewo w drzewie, kruszców zaś z kruszcami mniejsze tarcie pospolicie bywać zwykło, niż drzewa z kruszcami, albo kruszców z drzewem, najmniejsze iest między mosiężem i stalą, a ledwie kiedy szóstą część siły cisnącéy przechodzi, gdy iest z pierwszego rodzaju. Są téż niektóre drzew rodzaje, na których powierzchnie żyłki styrczą, twardsze od innych częstek drzew-

Przez co  
się tarcie  
powiększa  
albo  
zmniejsza.

drzewa iako to: w jodle w sośnie; w takich drzewach tarcie jest bardzo wielkie, i często połowę ciśnienia przechodzi, gdy ciężar na nich położony ciągniemy, albo popychamy kierunkiem do żyłek prostopadłym, inaczej się dzieje gdy go toczymy. W innych zaś drzew rodzajach tarcie prawie jest zawsze iednakowe, bądź po nich tym albo owym kierunkiem ciężar położony suniemy.

### §. VI.

Przyczyna  
tarcia pier-  
wszego ro-  
dzaju.

Jeżeli iedno ciało ciśnie drugie, i razem po iego powierzchni bieży, cząstki styrczące powierzchni zetkniętych niektóre się stłaczaia, drugie się kruszą i odrywaią, co bez wątpienia jest przyczyną tarcia. Gdyby tylko styrczące się cząstki zniżaly, tarcie zupełnieby było w stósunku ciśnienia, bo cząstki ciał tęgich, sprężystością swoia tém mocnię się opieraią, im bardzię są ściśnione. I w takowym razie nie trzebaby mieć żadnego względu na powierzchnie. Albowiem całkowite ciśnienie na powierzchnią jest iak mnogość ściśnienia, któremu każdy punkt powierzchni podlega, przez liczbę punktów, to jest przez powierzchnią. W tymże samym stósunku byłoby i tarcie, to jest tém większe im większy opór każdego punktu, i liczba punktów większa. Zaczem tarcie byłoby zawsze w stósunku całego ciśnienia, tak w powierzchni mniejszey, iako i w większey.

Ala

Ale gdyby wszystkie cząstki kruszyły się albo odrywały, każda by z nich z pewną i okryśloną siłą opór czyniła, a zatem do przewyższenia tego oporu tém większeby siły potrzeba było, im większą liczbą cząstek znajdowała się. Zaczém wielkość tarcia w tym razie zależałaby od samej wielkości owych powierzchni któremi się ciała z sobą stykaia. Ponieważ tedy tarcie pierwszego rodzaju pospolicie największe zależy od ciśnienia, a najmniey od powierzchni, iawna jest rzecz, iż cząstki styrczące gdy iedno ciało po drugiem bieży po większą częśći nie kruszą się, ale stłaczają. Jeżeli zaś ciało poruszone natychmiast cięższém się staie bez powiększenia swęj powierzchni zetkniętęj, tedy cząstki styrczące z taką siłą cisnąć powinno, iżby ich bardzo wiele straciwszy spoienie, odrywało się albo kruszyło. Potém jeżeli nie przestaliemy przyczyniać ciężaru w cieło, iawnie widać, że się iego tarcie ledwie co pomnaża, a prawie iednakowe zostaię; zaczém téż tém mnieyszą jest cząstka całkowitego ciśnienia, im téż ciśnienie bardziej się pomnożyło. I ta jest dowodliwą przyczyną, dla której ciał bardzo ciężkich, które mierną powierzchnią się dotykają, tarcie tak małe pospolicie jest cząstką całkowitego ciśnienia.

### §. VII.

Jeżeli krawka EFD, szrodek C na płaszczyźnie pionowey jest umocowany sam zaś

Tarcie

kraw-

dręgiego  
rodzaju.

Fig. 70.

krażek tablicy albo linii pionowej AB dotykaący się na D siłą zewnętrzną poruszamy kierunkiem styczney FG, a przeto obraca się tarcie około D, do pierwszoro rodzaju należy. Bo krażek ciężarém biegłym ciśnie linią AB, i cząstki jego około D kierunkiem téżże linii biega. Tému zaś biegowi linia się opiera, a przez tarcie żaden inny bieg nowy nie powstaie, lecz jeżeli nie krażek, ale linią AB ciągniemy kierunkiem AB, cząstki styrczące krażka popędzone będą od cząstek styrczących w linii około D, a tak krażek około punktu C ruchomy obracać się zacznie, i to jeszcze, gdy przeskody do obrótu nie ma, tymże samym kierunkiem, i z tą samą prędkością c, z którą linia AB uchodzi, bo cząstki z sobą zetknięte nie z inną, tylko z jednakową prędkością c, i iednymże kierunkiem bieżą mogą. Dajmy teraz, że linia AB leży na téżże samej płaszczyźnie, do której srzodek krażka przybity, i że ta płaszczyzna pionowa bieży z prędkością c, kierunkiem przeciwnym BA, a iawną jest rzecz, iż tén bieg żadney odmiany sprawić nie może w obrocie krażka. W takowym zaś razie krażek postępować będzie biegiem składanym z prędkością c, ku BA, i razém z tą samą prędkością c, obracać się będzie kierunkiem wprost przeciwnym, linia zaś AB spocznie. Zaczém krażek pionowy na tablicy nieruchomęj postąpiwszy z prędkością c, kierunkiem



z punktem, którym tarcie od tablicy równoodległym, razem obracać się będzie, jeżeli do obrotu nie masz przeszkody, i taż samą prędkością  $c$ , ale kierunkiem wprost przeciwnym, tarcie zaś któremu na tablicy podlega, będzie tarcie drugiego rodzaju, bo przez nierówność powierzchni z sobą, się stykających nowy bieg kołowania w kręgu powstaje.

### §. VIII.

Ogólnie mówiąc, tarcie drugiego rodzaju mniejsze jest od tarcia pierwszego rodzaju. Z samych wozów i karét można to poznać które daleko łatwiej biegają kołami wolnemi, iak zahamowaniem; bo tarcie w kołach wolnych jest drugiego rodzaju, gdy się wolnie obracają, pierwszego zaś rodzaju w kołach zahamowanych. Podobnież kula, albo wałek gdy się wolnie toczyć może, skoro go siła choć najmniejsza na płaszczyźnie ruszy, wstecz się potaczać zaczyna, albo własnym ciężarém spada, gdy płaszczyzna choć trochę ma pochyłości. Zaczem w poruszaniu ciężarów wiele jest ulgi, gdy tarcie pierwszego rodzaju przemieniamy na tarcie drugiego. Tak pod ciężary bardzo znaczne, walce albo kule podkładaia, gdy potrzeba ich przepchać, albo przeciągnąć z miejsca na miejsce. Różne są gatunki tarcia drugiego rodzaju, bo niektóre ciała, bądź dla przeszkody zewnętrzney, bądź dla swego kształtu mieć wolnie na wszy-

Tarcie drugiego rodzaju jest mniejsze, niż tarcie pierwszego rodzaju.

stkie

stkić strony ruszané 'bydź mogą, a zatém większemu tarcu podlégaia, niż inné. Tak tarcie drugiego rodzaju, gdy inné okoliczności są równé, mniejsze jest w kuli, a nieco większe w wátku. Gdyż kula może bydź wolnie taczana na wszystkie strony iakózkolwiek ją popędzimy, ale walek popychać trzeba samém kierowaniem, do iego osi prostopadłém.

## §. IX.

Jeżeli po iednéj stronie blochu zawieszamy ciężar  $M$ , po drugiéj ciężar  $M + N$  a  $N$  dosyć ma wagi, bloch się obraca i ciężar  $M + N$  nadół idzie; ciężar zaś  $M$  z taką samą prędkością w górę postępuje. A że ten cały bieg pochodzi od ciała  $N$ , gdyż bloch stałby w równoważności, gdyby z obu stron równé ciężary wisiały  $M$  i  $N$ . Przeto jeżeli siłę którą ciężkość wywierá na każdy punkt ciała  $N$ . (my tę siłę pierwiastkową *elementaris* mianuiemy, bo ona pierwiastki ciał, czyli każdy z osobna punkt porusza) nazwiemy  $G$ , będzie siła całkowita od której wszystek bieg ciężarów  $M$  i  $M + N$  pochodzi  $= GN$ . Zaczém rozdzielwszy siłę całkowitą przez liczbę wszystkich punktów, które z równą prędkością biegą, to jest przez  $2M + N$  mamy siłę pierwiastkową  $\frac{GN}{2M+N}$ , z którą każdy punkt w obu ciałach rzeczywiście bieży. Zaczém

Tarcie nie  
zależy od  
prędkości  
w biegu.

czém ta siła jest do siły ciężkości  $G$ , iak  $N$  do  $2M+N$ , a zatém iednostayną (lubo stósunek  $N : 2M+N$  jest stały) a bieg ciężarów  $M$  i  $M+N$  iednostaynie przyśpieszony; ponieważ rzeczóné ciężary tak się poruszają iak gdyby spadały na płaszczynie pochyłé, któręý wysokość jest do długości, iak  $N$  do  $2M+N$  (Xię. II. Roz. I. 2.). Toż ieżeli sznurek, na którym się ciężary zawieszają, jest bardzo giętki, tak że tęgość iego bez błędu może byđż zaniechana, w miejscu od powietrza próżném, samo tarcie blochu około swęý osi biegowi ciał zawieszonych znacznie przeszkadzać może. Trzeba bez wątpienia odciągać tarcie od siły całkowitéý  $GN$  że zaś ta siła jest iednostayną, idzie stąd, że i pozostała siła będzie iednostayna, i bieg ciał zawieszonych iednostaynie przyśpieszony dopóty, dopóki się tarcie nie ołmiéni. Jeżeli zaś za przybyciem prędkości w tych ciałach, tarcie w blochu albo się powiększa, albo zmniejsza znacznie, w tén czas bieg ciał iednostaynie przyśpieszony byđż nie może. Z tych zaś rzeczy, któreśmy wyżej o spadaniu ciał powiedzieli, wyrozumieć można, że biegowi ciał kolistych iednostaynie przyśpieszonému, byleby tylko ciała gatunkowo mocno ciężkie byty, a nie bardzo prędko spadały odpór powietrza znacznie nie szkodzi. Gdy więc przez wielé doświadczeń poznano, że cho-

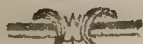
cięż

cięż ciała na bloku zawieszoné przebiegają przez bardzo znaczne mieysca przeciagi, wszelko bieg ich jest zawsze iadnostaynie przyspieszony (Schöber Theorie von der uberwicht). Stąd wynika, że tarcie, przez prędkość ciał bieżących, nie odmiénia się, ale jest zawsze jednakowā, bądź ciała powolęy, bądź prędzēy biegā.

### §. X.

Pożytki  
z tarcia.

We wszystkich silniach, których dla tego używamy iedynie, żebyśmy bardzo małą siłą ruch sprawić mogli, trzeba zmniejszać tarcie, ile bydz może; bo na przeciężenie tarcia zawsze iakaś część znaczna całkowitéy siły idzie, z którą silnie poruszamy. Zaczem każda silnia powinna bydz tyle lekka i prosta, ile ię używanie dozwała. Nad to trzeba, żeby częśc silni wolné były od ciśniénia zbytniego, czopków stalowych podpór mosiężnych nasmarowanych, słowém tego wszystkiego, co bieg łatwieyszym czyni, w silniach używać należy. Wjnnych iednakowo rzeczach tarcie jest bardzo użyteczné, owszém i nader potrzebne; Gwoźdz wbity wypadałby, gdyby nie było tarcia: tarcie budowlóm, okrętóm, owszém wszystkim ciałóm, których części w jakikolwiek sposób są połączone moc daie. Bez tarcia, ani siedzieć, ani stołów używać, ani stać nawet mocno nie mogli byśmy, bo wszystkie rzeczy iedné na drugich kładzione, bardziēy by się chwiały,  
i dale-



i dalekoby prędzcy upadły, niż na gotoledzi. Przez tarcie noże i inné narzędzia, albo się wygładzają, albo ostrzą. Przez tarcie na koniec samo zboże kamieniami młyńskimi miele się i w mąkę obraca.

## X I E G A IV.

*o biegu i siłach płynów.*

### R O Z D Z I A Ł I.

*o ciśnieniu powietrza.*

#### §. I.

Mając dochodzić własności i skutków powietrza, poznać nasamprzód potrzeba skład i użycie pompy powietrzney, zwanej *powietrzociągiem* (machina Pneumatica), za pomocą której nuylicznieysze i nuyważnieysze doświadczenia około powietrza czynić się mogą. Jużemy wyżey widzieli, że pominiona silnia służy do wydobywania czyli pompowania powietrza z naczynia zamkniętého, oraz zmniejszania ilości jego do tego stopnia, żeby toż naczynie prawie zupełnie wypróżnione z powietrza zostało. Wiemy (Wstę. X. 20.) że Otto Gerike Rayca Magdeburgski za pomocą powietrzociągu różne czyniąc doświadczenia z powietrzem pod czas Seymu w Ratyźbonie R. 1654. w obecności Césa-

Prótnia  
Boylego.



Césarza Ferdynanda III. i wielu Xiążąt tamże na tén czas znajdujących się, piérwszy okazał ciśnienie powietrzkóregu do owego czasu nieznané. Nie długo potem *Robert Boyle* Anglik wiele się przyłożył do polepszenia téżże silni, i od iego imienia próżnia pompy powietrzney nazwano *Próżnią Boylego*, i tym sposobém rozróżniono ją od *Próżni Torzellego* (Wstę. IX. 21.). Co do składu różné bydz mogą powietrzcociagi: wszakże náylepsze są składu *Smratonia* Anglika.

## §. II.

Opisanie  
wiatrociaga.  
gu.

Fig. 71.

Wiatrociąg składa się z tych istotniejszy części: z *Walca*, *Stępla*, *Talerza*, *Obrotu* (recipiens), *Czopka*. Walec mosiężny mierny a wszędzie iednakię grubości wewnątrz wydrążony, ma w sobie stępeł ruchomy *K I*, którego koniec *L M* nazwany szpunt, otwartość walca dokładnie wypełnia. Dno walca przedziurawioné przy *C* łączy się z jednym końcem rurki prostey lub krzywey, drugi zaś koniec téżże rurki dochodzi do szrodka *O*. talérza mosiężnego płaskiego *E. F.* Na talérzu takowym stawia się naczynie szklanné *G*. czyli obiętnią, mającą się wypróżniać z powietrza: rurka *C O* ma czopek *H* tak przedziurawiony, iż podług różnego onęgoż obrócenia, może się zamykać lub otwierać, to iest gdy ténże czopek zostaje w jedném położeniu, cała rurka od *C* aż do

do O jest otwarta, a powietrze zewnętrzne żadnego nie ma wniścia, w położeniu zaś drugiem część rurki D O zanymka się, część zaś iey niższa pod czopkiem H otwiera się; a tak powietrze zewnętrzne ma wolne wniście do walca. Skoro więc się tak obróci czopek, żeby cała rurka C O była otwarta, i razém pociągnię się stępel ku B, powietrze z obiętni wychodzić będzie do walca, i tam się rozpościęra. Obróciwszy znowu czopek, jeżeli stępel nazad się odépchnie ku C, powietrze z walca ustępować poczyną, agdy koniec stępla dotknie się rurki przy C, na tén czas zupełnie z niego ustępuie. Powtarzając podobne robiénie stępłém i czopkiem, powietrze będąc w obiętni coraż bardzięj rozrzedzać się będzie. Bydź ieszczę może walec z dném czyli szpuntém nieruchomym mającym klapkę L N i otwór pod nią: klapka ia trochę tylko może się od powietrza do góry podnoić, ale na dół ciśniona tamuje mu wyjścia. Podobnąż klapka znajduie się w końcu stępla ruchomégo przedziurawioného przy O. w tym więc razie za popchnięciem stępla powietrze przycisnąwszy klapkę L N. a podniósłszy klapkę w końcu stępla znajdującą się, przez otwór O wychodzi. I takowé to powietrzociągi powszechnie prawie teraz używają się. Klapy pospolicie bywają z pęcherza lub materyi iedwabnéj cienkiéj woskowanéj, wiel-

Fig. 72.

wielkość klap ma być taką, aby otwory dokładnie zawierały, kształt ich być może różny, pospolicie jednak bywają odcinkami kręgu; też kłapy za pomocą szcęb mocno się wyprężają i przytwierdzają do płaszczyzny, na których się znajdują. Położenie walca różnie być może, podług upodobania, to jest poziome, pionowe, lub też pod pewnym kątem do poziomemu nachylone. Stępel także może być obrócony do góry lub na dół; a częstokroć powietrzociągi mają po dwa walce spółkujące z sobą przez rurki, i w takich stęple zębate za pomocą korby podnoszą się i zniżają. Obietnia postawiona na talerzu powinna brzegami swoimi iak náydokładniéy do niego przystawać, aby powietrze zewnętrzne nie miało przystępu, czyli raczéy spółkowania z powietrzem w niéy się znajdującem; a zatém iak brzegi obietni, tak powierchnia talérza iak náydokładniéy być mają wygładzone, gdyż inaczéy nie podobałoby nawet do pewnego stopnia wypróbnić z powietrza obietni. Ze zaś pomimo náylepszą usilność trudno jest mieć dokładnie wygładzone rzeczóné powierchnie, dla tego, dobrze jest nasmarować ié oliwą, lub też przełożyć skórą w wodzie zmoczoną, a w środku wyciętą tylé, ilé potrzeba, aby obwód obietni mógł być na niéy pomieszczony.

## §. III.

Lubo powietrze w objętni coraż bar-  
 dziej się rozrzedza przez pompowanie,  
 z tém wszystkiém niepodobna go całkowi-  
 cie z niéy wyciągnąć. Jeżeli bowiem część  
 walca po który chodzą stępla ruchomy na-  
 zwiemy A. objętość zaś, czyli przestrzeń  
 objętni G. wraz z objętością rurki O C  
 i objętość samego walca aż do bębena  
 nazwiemy B, gdy ténże szpunt będzie przy  
 dnie walca, mieć będziemy  $A : B = 1 : m$ ,  
 a zatem za pociągnięciem stępla z całej  
 przestrzeni A, powietrze wypędzone zo-  
 stanie, a tém samym część powietrza wy-  
 pędzona, mieć się będzie do całkowitej  
 miąższości powietrza będącego nad bęben-  
 kiem, iak  $1 : m$ ; to jest za każdym pocią-  
 gnięciem stępla wypędzą się część powie-  
 trza  $\frac{1}{m}$ , zostaje zaś w obęymi część iego  
 $\frac{m-1}{m}$ . Półożmy n. p. że  $m = 2$ , za pierw-

W jakim  
 stosunku  
 rzadzenie  
 powietrze  
 przez  
 pompowa-  
 nie.

Fig. 71.

szém popchnięciem stępla wypędzi się  $\frac{1}{2}$ , za  
 drugim  $\frac{1}{4}$ , za trzecim  $\frac{1}{8}$ , za czwartym  $\frac{1}{16}$ ,  
 za piątym  $\frac{1}{32}$ , i t. d. część powietrza tego,  
 które się przed pompowaniem znajdowało  
 nad szpuntém. Rzecz przeto widoczna,  
 że im częściej powtarzać się będzie robię-  
 nie stęplem, albo co toż samo jest, im więk-  
 szą będzie liczba m, lub im mniejszą bę-  
 dzie przestrzeń objętni, i części znajduja-  
 cych się między objętnią i szpuntém bli-

R

kim

kim dna walca, względem obiętości tegoż walca, po który chodzą stopień, tćm więk-szy będzie stćsunek rzędnienia powietrza w obiętni.

## §. IV.

Sposćb  
miarkowa-  
nia ile się  
rozrzedzi-  
ło powie-  
trza w ob-  
iętni.

Fig. 73.

Rćżnć bydź mogą sposoby dochodzenia stopnićw w jakich się powietrzć rozrzedza w obiętni, z tych najproścćjszy bydź może nastćpujący: wezmij jaką rurkć szklaną, długą n. p. na 3. stopy paryżkić z obu koń-cćw otwartą, niech ićy iedćn koniec zostaie pod obiętnią mającą się z powietrza wy-prćżniać, drugi zaś zanurzmy w żywćm srebrze na wolnćm powietrzu zewnątr ob-iętni, potćm pompujemy powietrzć z pod obiętni, co czyniąc postrzeżćmy, że żywć srebro nćmć wyżćy w nićy podnosić się będzie, im. bardzićy się rozrzedzi powietrzć, tak dalece, że wysokość pod-niesi ćnia się żywćgo srebra, będzie okazy-wać stopi ćn rozrzedzenia i sprćżystości powietrza zostai ćcego ieszcze pod obiętnią. Podobni ćz, ićżeli małą rurkć szklaną za-krzywioną, mającą iedno ramić A B. zaskle-pionć i żywćm srebrem napełnionć, drugić zaś ramić B C otwartć i powietrzćm za-iętć, ićżeli mówię takową rurkć zawiesi-my pod obiętnią i z nićy powietrzć pom-pować bćdzićmy: żywć srebro pocznić się zniżyć w rami ćniu A B. przechodząc do rami ćnia B C. tak, iż ilość zniżenia się ie-go w jednćm a podniesi ćnia się w drugi ćm rami ć-



ramieniu, będzie w stosunku rozrzedzenia i sprężystości reszty powietrza w obiętni. I tak gdyby przy końcu pompowania żywe srebro w ramieniu A B. na ieden tylko cal było wyższe niż w ramieniu B C, i razem ciężkomierz miał wysokość 28," wnieslibyśmy, że powietrze w obiętni 28 razy jest rzadsze, i tyle razy mniej sprężyste od powietrza zewnętrznego: ponieważ ono ieden cal żywego srebra utrzymać może, gdy tym czasem zewnętrzne 28" żywego srebra utrzymaie. Pomnieć w tęj mierze należy, że sprężystość powietrza nie od samęj tylko iego gęstości i ciepła, ale też i od innych okoliczności zawisła, zwłaszcza gdy toż powietrze znajduje się złączone z wyższymi sprężystymi.

## §. V.

Gęstość powietrza w obiętni będącego oznaczyć się jeszcze może za pomocą naczynia szklanego od kształtu i podobieństwa do gruszki nazwanego gruszką, które my nazwiemy *Rzadkomierzem*. Naczyniem tém, jest to rurka szklana, blisko sześć calów długa A B. w górze zasklepiona, w niższej zaś części swojej coraz grubszą otwartą. Zawiesiwszy ją pod obiętnią na przecie ruchomym F A. nad naczyniem C napelnioném żywém srebrem, wyciąga się powietrze z pod obiętni; gruszka zaś tak się zniża, żeby iey koniec niższy zanurzył się w żywém srebrze, po czém wpusz-

Inny sposób doświadczenia gęstości powietrza w obiętni.

Fig. 74.

cza się w obiętnia powietrze zewnętrzne i to uczyniwszy żywe srebro w gruszce podnosi się do góry, a to tém wyżey, im powietrze w obiętni bardziy rozrzedzone było. Skutek takowy przypisać potrzeba działaniu powietrza wpuszczonego na żywe srebro, to zaś działając na powietrze w gruszce nad niem będąc już rozrzedzone, zmniejszą jego obiętość do tego stopnia, aż poki moc ciśnienia powietrza zewnętrznego z mocą ciśnienia powietrza zamkniętego i słupa pionowego żywego srebra w rurce nierówno ważą między sobą. Wydobywszy gruszkę z naczynia C. niejaką część żywego srebra z nięcy wypłynie, po czém jeżeli tę gruszkę wymiemy z pod obiętni i przewrócimy poziomo, część pozostała żywego srebra, będzie wymiarém gęstości i sprężystości powietrza tego, które było w obiętni po pompowaniu, byleby ono nie było połączone z wyziwami, a miało téż sam stopień ciepła co i powietrze zewnętrzne. Żeby zaś w tym razie tém dokładnię oznaczyć można było ilość gęstości powietrza pod obiętnia pozostałego, potrzeba aby gruszka miała rurkę walcowatą przy A zasklepioną, podzieloną na wiele części równych n. p. tysiąc. Na tén czas bowiem jeżeli n. p. powietrze rozrzedzone zajmuie jedną lub dwie tylko części takowey gruszki, wniesiemy, iż powietrze w obiętni tysiąc lub pięć-

pięćset razy było rzadsze od powietrza zewnętrznego. Ponieważ zaś pompowanie powietrza z objętni nie może się udać, gdy powietrze zewnętrzne ma do niej wniknąć, przeto w tém i podobnych doświadczeniach mieć potrzeba baczność na to, aby przy podnoszeniu i zniżaniu pręta, na którym gruszka wisi, powietrze zewnętrzne nie wkradało się do objętni. Na tén koniec używa się objętnia szklanną w górze otwartą z wiekiem D E, mosiężnym przełożoném skórkami dobrze odwilżonemi, a iak najsilniejszy z sobą ściśnionemi, przez których szrodek podziurawiony przechodząc pręt dokładnie walcowy, przechodzi oraz przez otwór objętni wypełniając go dokładnie.

## §. VI.

Iak powietrze może się rozrzedzać, tak téż może się i zgęszczać: do zgęszczenia powietrza takiak i do rozrzedzenia onegoż służy powietrzociąg wynaleziony przez JP. Smentona. Ze zaś iako wyciągać powietrze z objętni, powietrze zewnętrzne nie náydując oporu od powietrza będącego w objętni przyciska ią do talérza, tak przeciwnie zgęszczając powietrze w téż objętni, podnosić się ona musi i odstawać od talérza; zaczęć więc temu zaradzić przy talérzu powietrzociąga dadź potrzeba dwa słupki pionowć HE, FI, mocno do podstawy spólnéj szrubami przytwierdzone, oraz w koń-

Silnia zgęszczająca powietrze, a w szczególności wiatrówek.

Fig. 79.

w końcach swoich górnych także szrubami opatrzoné, kędy poprzeczny drażek drewniany M, N, bardziéj płaski niż gruby przecho-  
dzi; za pomocą takowégó drażka obiętnia G może się przycisnąć bardziéj lub mniéj do talérza, a tém samém przeciąć spółkowa-  
nie powietrza zewnętrznego z wewnętr-  
nem. Oprócz powietrzociągu *Smeatona* jest jeszcze inną pompa zgęszczającą powie-  
trze zwaną *silnią zgęszczania* (machina com-  
pressionis) a którą w rzeczy samej nie co  
innego jest, jak sikawka A B. z szyjką cień-  
ką, mającą kłapę przy C. mogącą się pod-  
nosić od powietrza ku F, ale wcale nie ku  
B. Blizko rzeczonéj kłapy jest czopek D.  
przez który powietrze zewnętrzne może  
bydź wpuszczoné do silni, lub téż zabronio-  
né onému tamże wniknąć podług potrzeby.  
Obiętnia w którój się ma zgęszczać powie-  
trze za pomocą takowój pompy, ma otwór  
opatrzoną podwojną pokrywką czyli wie-  
kiem mosiężném i skorzanném dobrze od-  
wilżoném, a to dla zapobieżenia wniknię-  
cia powietrza zewnętrznego do obiętni. Oby-  
dwie pokrywki wraz z drażkiem MN tak  
są przewierconé przy O, iż szyjka pompy  
A B gwintowna, mocno się w nie w szrubo-  
wać może. Tak przygotowawszy obiętnią  
i pompę, jeżeli wpuścimy przez czopek  
D powietrze zewnętrzne, i przez obrócenie  
tegoż czopka zabronimy wejścia mu stam-  
tąd nazad, oraz popchniemy stęplém na dół,  
powie-

Fig. 76.

Fig. 75.

powietrze z pompy do objętni wypchnięte zostanie. Zaczém powtarzając wielokrotnie takowe robienie stęplém i czopkiém, powietrze w objętni, coraz bardziéy zgęszczać się będzie, byleby szpunt po walcu pompy tego chodził, i żeby był nie przenikły od powietrza, może zaś bydź ténże szpunt przewiercony i mający klapę tak iak w wiatrociagu, i w tym razie obracanie czopkiém za każdém ruszeniem stępla wcale nie będzie potrzebné. Takowa to pompa znayduie się przy strzelbach powietrznych zwanych *Wiatrówkami* (sclopeto pneumatica) za pomocą którégó w jch kolbie lub gałce przyprawionégó zgęszcza się powietrze; za podniesieniem zaś klapki przez pociągniętą sprężynę, wpada w rurę strzelby i kulę z niéy wyrzuca (a).

## §. VII.

(a) Częstokroć w doświadczeniach z powietrzem równie potrzebną jest znanomość ilości jego zgęszczania w objętni, iako téż rozrzedzenia. Toż samo narzędzie, które służyło do oszacowania stopnia rozrzedzenia powietrza w objętni, służyć ieszcze może i do oznaczenia onegoż zgęszczenia w objętni, z odmienném tylko postępowaniem (§ 5.) to jest zawiesiwszy gruszkę pod objętnią wiatrociagu na przecie ruchomym, potrzeba przed zaczęciem pompowania powietrza, zanurzyć koniec téżże gruszki w żywém srebrze, a dopiero potem za pomocą silni tamuz służący zgęszczać powietrze: co czyniąc postępedz można, że w miarę powiększającéy się gęstości po-



## §. VII.

Rozmaita  
doświad-  
czeńia oko-  
ło ciężko-  
ści i sprę-  
żystości  
powietrza.

Znać silnie zgęszczania i rozrzedzania powietrza, oraz umieć się z niemi obyć, używamy ich do dochodzenia dalszych własności powietrza n. p. ciężkości i sprężystości. Zastanowiwszy się uwagą nad tém, co poprzedziło, łatwo się domyślić można, że obie te główne własności powietrza nie mogą być okazane za pomocą powietrzociągu; gdyż samo rozpoznanie składu téj silni, wyciąga znajomości poprzedniczy ciężkości i sprężystości powietrza; skutki jednak tych własności powietrza za pomocą powietrzociągu bardziéj pod zmysły podpadają. I tak pęcherz zawiazany spłaszczony, a tém samém ledwie odrobinę powietrza w sobie mający, podłożony pod obiętnią, nadyma się w miarę wypompowania z niéy powietrza. Dzieie się to zaś dla tego, że powietrze w pęcherzu, które przedtém było równéy gęstości z powietrzem zewnętrzném, za rozrzedzeniem tego, ostatniego, sprężystością swoją rozszerza się, dążąc z niém do równowagi. Skutek więc takowy jest skutkiem sprężystości powietrza. Butelka także szklanna, do-  
brze

---

wietrza w obiętni, żywe srebro w rurce gruszkowej do góry podnosić się będzie, a tém samém ścisnąć będzie powietrze po nad sobą będące w téjże rurce, a tak podniesienie się żywego srebra, będzie wymiarem zgęszczenia powietrza w obiętni i rzadkości w tym przypadku stanie się zgęszczomierzem.

brze zaszpuntowaną, podstawioną pod obiętnię, po wyciągnięciu z niej powietrza, rozrywa się od powietrza wewnętrznego, w niej się rozpięrającego. Żeby zaś takowe rozpryskiwanie się butelki nie szkodziło obiętni, nąylepięty jest stawiać tęż butelkę pod przykrywką kraciastą z drótu uplecioną, podobnie się dzieie z naczyniem szklanném, mającém dno płaskie, gdy się z niego pompuie powietrzé. Tafelka także szklanną pokrywaiącą kubek z obydwóch końców otwarty, i doń należycie przystaiącą, trzaska się i pada przy pompowaniu powietrza z kubka. Pęcherz oraz powłoczacy iedén koniec kubka rzeczonoego, należycie wyprężony i wysuszony, za kilkukrotném pociągnięciem stępla powietrzociągu rozpeką się z wielkim hukiém. Rękę nakoniec położywszy na kubku z obu końców otwartym, po wyciągnięciu z niego powietrza, uczuiemy niezmierny ciężar wewnątrz ią z niemałym bólem przyciskający. Té i tém podobné doświadczenia są skutkiem i razém dowodém ciężkości powietrza. Tu mieć można widoczną przyczynę, dla czego obiętnie używaią się przy powietrzociągach wypuklé, i nie co przygrubsze.

## §. VIII.

Weźmy teraz dwie pótkule miedziané A i B. wewnątrz wydrażoné, równé, arzednicy ; z których iedna n. p. B. ma szyykę

Pótkule

szybkę z czopkiem D i gwintami na końcu, za pomocą których może być wszrubowana w otwór talerza powietrzociągowego; złożwszy do kupy obydwie te półkule, oraz dla tém dokładniejszego ich do siebie przystawiania i zahronienia wniścia powietrzu zewnętrznemu, przełożywszy je skórą odwilżoną, wyciągamy z nich powietrze za pomocą powietrzociągu, po czém zamknijemy czopek D, i zdjemy tęż kulę z powietrzociągu: postrzeżemy natychmiast, że pomienione półkule mocno się z sobą spoily, oraz doświadczeniem się przekonamy, że nie mogą być rozerwane bez znaczney siły. Ale wpuszcwszy w nie powietrze przez czopek D, łatwo od siebie samę odstaia: toż samo się przytrafi, gdy półkule wypróżnione z powietrza, zawiesimy na przecieruchomym pod obiętnią, (§. 5.) z której się powietrze wyciąga: rozłączone zaś tym sposobem półkule powtórnie się z sobą spoia, gdy wyższą za niżeniem pręta dotykać się będzie niższyć, a powietrze tym czasem zewnętrznę wpuszcimy pod obiętnią. To doświadczenie równie iak i poprzedzające dowodzi sprężystości a bardziéj ieszcze ciężkości powietrza. Otto Geryke Obywatel Magdeburški piérwszy był wynalazcą takowych półkul, które téż dla tego nazwane są *Półkulami Magdeburškiemi* (hemisphaeria magdeburgica). Półkule od niego użyte były znaczney wielkości: ich bowiem średnice

Fig. 77.

nice miały po  $\frac{3}{4}$  łok. Magd. i dla tego po wypompowaniu powietrza z tak wielką mocą do siebie przylęgały, iż 24. koni nie mogło ich rozerwać.

## §. IX.

Dostatecznie przekonani jesteśmy, że powietrze jest ciłem ciężkiem: ale iakże oznaczmy jego ciężkość względem innych ciał, czyli ciężkość gatunkową? Pamiętając o tém co się wyżej powiedziało (Wst. IX. 5.) snadno nam przyydzie na myśl sposób oznaczenia takowey ciężkości powietrza. Weźmy albowiem kulę miedzianą lub szklaną wewnątrz wydrążoną, do której rurka z czopkiem dla wypompowania powietrza jest przyprawiona; zważmy ją na szalkach iak náydokładniéj przed i po wypompowaniu powietrza; różnica zachodząca między dwoma wágami téjże kuli, okaże nam szukaną ciężkość powietrza w niéj się mieszczącego. Wielokrotnie powtarzając takowého gatunku doświadczenia, przekonamy się, że powietrze nas otaczające, mniéj iak dziewięćset, a więcéj iak siedmset razy lżeysze jest od wody deszczowey. Aby zaś w takowych doświadczeniach tém dokładnieysze mieć wypadki, należy obiętnią zawieszając na wążkach, zanurzyć w wodzie; gdyż tym sposobém náyminieysza odmiana w ciężarze, náywidocznieyszą się staie (Wst. XX. 22.). Wszakże mając wzgląd w tych doświadczeniach na rozma-

Gatunkowa ciężkość powietrza.



tę odmianę powietrza co do suszy i wilgoci, przekonać się można, że powietrze wilgotne jest cięższe od suchego. I tak do rurki kuli pomienioney przyprawiwszy inną rurkę napełnioną ciałem iakiem przyciągającym wilgoć, iakiemi są sole alkaliczne, a w szczególności potaż (Cineres clavellati) powietrze przechodząc przez takową rurkę, pozbędzie obkolwiek wilgoci, i uczyni kulę lżejszą niż przedtem, gdy była napełniona powietrzem wilgotnem. Nie należy atoli rozumieć, że ponieważ powietrze osuszone mniej cięższe niż wilgotne, ciężkość jego wszystka jest skutkiem tylko wilgoci przymieszanych: najsuchszé, bowiem powietrze (o czém doświadczenia nauczają) ma sobie właściwą ciężkość. Jest zaś i to pewna, że część ciężaru powietrza nas otaczającego pochodzi od wyziewów z niem połączonych.

## §. w X. c.

Powietrze  
wyciągać  
można  
z rozma-  
itych ciał.

Kawałek drewna, jabłko, iaje i tym podobne ciała zanurzone w wodzie pod obiętnią powietrzociagu, pod czas pompowania okrywaia się powietrzem iakoby rosą iaką z nich wydobywającą się, które w postaci bulek na powierzchnią wody wznoszą się, i tamże rozpukając się nikną. Owszém samé przez się płyny iakiékolwiek podstawione pod obiętnią powietrzociagu pod czas pompowania wydaia powietrze podobnie iak przedtem w bulkach podnoszące się, a to  
jeszcze



jeszcze w tém większėj obfitości, im płyn jest bardziėj lipki, iako to n. p. woda mydlasta, piwo, i t. d. Té i tym podobné doświadczenia, nie tylko nas przekonywaią, że ciała wszystkie nas otaczające napętnione są powietrzem, ale téż, że toż powietrze może byđz z nich wydobyte, albo raczėj, że samo powietrze w jakimkolwiek ciele zamknięte, wydobywa się z niego, skoro tylko uwolnione zostaje od ciśnienia powietrza zewnętrznego, czyli powietrzkroga; sprężystość iego sprawuje tén skutek. Jeżeli zanurzając kawałek drewna w wodzie pod obiętnią, zanurzymy go całkiem przez przyczepiony do niego ciężarek ołowiu, po wypompowaniu powietrza z obiętni, ténże kawałek drewna wodą przejęty, znajdziemy oraz cięższy od wody, bo na dół opadać będzie. Co przekonywa, że materia drzewa sama przez się wzięta, iest gęstokowo cięższą od wody, i że, jeżeli drzewa pływaią na wodzie, pływanie to, iest skutkiem powietrza, którym najdrobniejszy ich dziureczki (pory) są zapełnione. Gdy bulki powietrzne w znaczney mnogości podnosić się zaczynaią, cząstki płynu wzruszaią się, co się nazywa wrzeniem (ebullitio). Nie należy rozumieć, że tylko wtedy powietrze wydobywa się z płynu, gdy się on znajduie pod obiętnią powietrzoziaga, z której go pompuiemy, owszém ieszcze w nierownie większėj obfitości podnoszą

się bulki powietrzne, gdy płyn do pewnego się stopnia rozgrzewa. Płyn nie może wrzeć na wolnym powietrzu, chyba wtedy, kiedy stopień jego ciepła tak wygóruie, iż mało co więcej albo wcale nie może się stać gorętszym, to jest gdy się poczyną przeistaczać w parę, czyli wyziewy sprężyste. Woda i powietrze mają ścisły z sobą związek, przeto wydobywając się powietrze z płynów bądź za pomocą ciepła, bądź przez rozrzedzenie powietrza zewnętrznego, porywa i unosi z sobą cząsteczki tychże płynów: to jest wyziewy zanieczyszczone.

## §. XI.

Woda, albo inny jakikolwiek płyn, pod-  
**W rozrzedzonym** stawiony pod obciążni<sup>ą</sup> wypróżniającą się z powietrza, wiemy już, że wydaie z siebie bulki powietrzne, które częścią do boków naczyń przylégaia, częścią wyskoczywszy na wierzch rozpukaia się; bulki te liczniejsze jeszcze pokazuią się, gdy pompniac powietrze z obciążni, płyn pod nią będący cokolwiek jest odlecony, mnogość zaś ta bulek, sprawi w wodzie wrzénie (ebullitio). Po czém płyn się uspokaią, i żadnych bulek nie wydaie, chociażby coraż bardziey był rozgrzewany, aż dopiero po nieiakiéj chwili, z nierównie iak przedtém większą gwałtownością wrzeć poczyną, a to nawet chociażby był mniéy rozgrzanym iak pierwéy. Skutek tén okazuié nam różnicę zachodzącą między wrzénie<sup>m</sup> a gotowaniem się

się płynu w rozrzedzonym powietrzu, w którym to razie prędzcy płyn wre; niżby wrzał gdyby w największym stopniu był rozgrzanym. Przyczyna zaś, dla której w poprzedzającym doświadczeniu wydobywanie się bulek powietrznych z płynu nie wciąż się dzieie, nie inszą byź musi iak tylko, że części powietrza zamkniętego w płynie tak iak i w każdym inném ciecie, iedné bardziéy, a drugié mniéy z niem się łączą, a stąd iedné trudniéy drugié łatwiéy od niego się odłączyć mogą, a tak, gdy powietrze zewnętrzne rozrzedzone zostanie przez powietrzociąg, część powietrza zamkniętego w płynie, mniéyszy z nim mająca związek, pierwéy i tém snadniéy się z niego wywikła, im więcéy ciepło do tego dopomaga: część zaś druga tego powietrza, ściśléy się iednocząc z płynem, dopiero potem po dłuższém usiłowaniu od niego się oddziela, gwałtowném zaś wzruszeniem się swoim, sprawuje poruch, czyli wrzenie w płynie.

## §. XII.

Jeżeli mając pompować powietrze z obiętni, postawimy powietrzociąg w miejscu ciemném tak, żeby promienie słońca na obiętnią padając ją oświećcały, po kilkakrotném ruszeniu stępla, postrzeżemy powietrze w obiętni wzruszające się, i wiele drobniutkich pęcherzyków wznoszących się częścią przy samym talérzu, częścią w walcu

Mgła w powietrzu rozrzedzonym.

cu powietrzociaga: buleczki té formułą iakoby mgłą iaką, która albo natychmiast niśnie, gdy nieprzestannie pompuiemy powietrze lub mało go co pompuiemy, albo coraż na nowo widzieć się daie, gdy pompowanie co kilka minut powtarza się. Skutek takowy przypisać należy powietrzu, podnoszącemu się w tych miejscach silni, które wody były odwilżoné, a zatém do których powietrze było przyległé. Jakoż na oko o rzeczywistości téy przyczyny przekonać się można, części powietrzociagu zamiast odwilżania wodą, napuszczając oliwą, w którym to przypadku żadný nigdy mgły w obiegach nie postrzédzemy. Dla tego zaś podczas ciągłego pompowania, rzeczona mgła się nie wznosi, że pęcherzyki powierzchné w tym samym czasie, w którym się formułą, natychmiast rozdzielaia się na iak nądrobniejsze cząsteczki okiem nie doyzrané.

### §. XIII.

**Niech  
wody.**

**Fig. 78.**

Mocno kłucąc wodę w saczyniu iakiém albo gdy sama przez się woda ze znaczney spada wysokości, postrzédz można wielkie mnostwo bulek, różnéy wielkości, które formułą to, co nazywamy pianą: powietrze więc, nie tylko bydz może odłączoné od wody za pomocą próżni i ciepła, ale téż przez ruch iéy wewnętrzny, nie pochodzący od żadný z tamtych przyczyn, to iest przez wzajemné cząstek wody pod różnemi

mi kierownościami uderzanie się, gdzie  
jedne od drugich odskakuiac, zamknięte  
wpośród siebie powietrze opuszczają.  
Takowé wydobywanie się powietrza, iest  
przyczyną wiatru, którego doświadzyć  
można przy spadaniu wody z wysokości.  
Niech n. p. będzie naczynie czworogra-  
miste A D, mające z boku cięńką rur-  
kę zakrzywioną L M. i drugą pionową  
od niej grubsza, na piętnaście lub dwa-  
dzieścia stóp długa I H, na środku dna  
tegoż naczynia położmy kamień szero-  
ko płaski E F. iakąkolwiek mający gru-  
bość: niech przy G będzie otwór mo-  
gący byz już powiększony już zmniey-  
szony. Zamknawszy ténż otwór G, na-  
pełnimy naczynie wodą tak, żeby iey  
powierzchnia wyrównała powierzchnię  
kamienia F E. Jeżeli teraz w jednymże  
czasie wpuścimy wodę, przez rurkę I H,  
i odetkamy otwór pomieniony tylé, aby  
tylę przezeń z naczynia wyciekło wody,  
ile iey w tymże czasie wpływa przez  
rurkę, woda spadając na kamień E F, i  
o niego się uderzając, tylé opuści po-  
wietrza, iż wiatr iakoby z największe-  
go miecha z rurki L M wypadać będzie,  
nigdzie nie znajdując dla siebie żadnego  
innego wyyscia. Silnia takowā nazywa  
się *Miechem wodnym* (Folis hydraulicus.)  
To doświadczénie tłumaczy nam szum i  
szeleść strumyków, rzek i t. d. dający się



• słyszeć nąywięcéy w tych miejscach, gdzie woda o kamienie lub piasek uderzając się, różnokierowne odbiera ruchy, rozpryskuje się i opuszcza powietrze. Aże oddzielanie się powietrza od wody tém się łatwiéy dzieie, im parcie powietrzokręgu iest mnieysze, nie dziw więc, że szum rzek i strumyków większy lub mnieyszy bywa podług tego czyli Ciężkości zniża się albo się podwyższa. Nadrzecni mieszkańcy tego nąylepiéy doświadczają,

## § XIV.

Z jak wielką łatwością i jak małymi stopniem ciepła odłączyć można w próżni powietrze od wody, przekonywają nas o tém rurki szklane przyszersze, z jednego końca B zasklepióné, z drugiego zaś kończyste, z powietrza wypróżnione i blisko do połowy wodą napetnione, które *Młotkami wodnemi* (*mallei aquae*) nazywają się. Za wstrząśnięciem ich woda uderzywszy się o powierzchnią B, taki łoskot wydaie, iakiny wydadz mogło ciało stałe o téż powierzchnia uderzywszy się: przy tém daia się widzieć na powierzchni wody bulki dósyc znaczney wielkości: owszém iézeli rurka w wyższej części swojej C, nie co iest wydeta naksztalt kuli maléy, mogącéy się ręką obiać; przewróciwszy téż rurkę poziomie i kulę dłonia obiawszy, postrzeżemy wodę uchodzącą ku B, i razém

Młot wodny.

fig. 79.

zém iakoby wrzącą. Powietrze bowiem będąc w rurce przez ciepło ręki ią obęymiający rozgrzané, wydobywa się z wody, a sprężystością swoją rozpościéraiąc się, wodę ku B pędzi; ruch zaś ten w wodzie wzniecony, ieszcze bardziéy dopomaga dalszému wydobywaniu się z niéy powietrza, co sprawia wrzénie.

## §. XV.

Ténże sam. skutek powietrza ieszcze oczywistszym się wydaie na rurce AB, zw. néy *Rurką Franklina* (*Tubus Franklini*). Rurka ta z obydwóch końców swoich iest zakrzywioną, mającą dwie kule A i B, które do połowy wodą się napełniaia, reszta zaś ich przestrzeni (*Capacitas*) z powietrza iest wypróżniona: iedną którąkolwiek z kul pominionych bądź miernie ogrzawszy, bądź téż oziębivszy, natychmiast postrzeżemy wodę uchodzącą z kuli ciepleyszy do zimniejszý i tamże wrzącą. Przyczyną takowego skutku nie co innego iest, iak zniesiénie równowagi między gęstością powietrza, znaydującego się w płynie iednéy a drugiéy kuli: przez rozgrzanie bowiem większe iednéy a niżeli drugiéy kuli, powietrze w kuli ciepleyszý staie się rzadsze, a w zimniejszý gęstsze, przeto natychmiast w rzadszém powietrzu bulki z wody się podnoszą, oraz sama woda od powietrza rozszérzającego się popchniętą zostaię, który to

Rurka  
Franklina.

Fig. 30.

ruch wody wewnętrzny jeszcze bardziej ułatwia wywikłanie się z niej powietrza; przez co wznieca się w wodzie wrzenie. Gdyby zaś rurka A B, w przestrzeni swojej niezajętej wodą była napełniona powietrzem gęstym, takim jest powietrze oddychalne, na ten czas postrzeżlibyśmy, że ani przez oziębienie, ani przez rozgrzanie jej kul nie będy się ruszać, ponieważ powietrze w tym razie od wody się odłączyć nie może.

### §. XVI.

W próżni  
ani ogień  
się utrzy-  
mać ani  
zwierzęta  
żyć mogą.

Jak istotnie potrzebne jest powietrze do utrzymania ognia, życia zwierząt i roślin, przekonują nas doświadczenia czynione w próżni. Zwierz lub ptak iakikolwiek, połączony pod obiektną, wypróżniającą się z powietrza, w jejiny lub we dwóch minutach zdycha; wynawszy zwierzęta młodociane n. p. kocięta, choćby już miały dni ośm wytrzymują dłużej. Ryby zaś gady i robactwo, nie iednaką w tej mierze mają naturę; iedne z nich bowiem przez wiele dni żyją w próżni, a drugie natychmiast zdychają. Rośliny nawet w próżni wędnieją i usychają; ich nasiona choć w najwyżniejszą ziemię wrzucone, nie wschodzą tak, jak na wolnym powietrzu. Płomień także gaśnie w próżni, co większa żadne ciało palne nie zajmuje się płomieniem, nawet od samego szkła palącego. Proch sam w ogni-

w ognisku szkła palącego położony, dymi się tylko i rozpyływa bez najmniejszego wybuchnięcia. W tém ostatniém doświadczeniu nie należy brać, tylko kilka ziarn prochu, i te kładź pod obiętnią znaczney wielkości, aby uniknąć niebezpieczeństwa mogącego wyniknąć z przeistoczenia się prochu na wyzięwy sprężyste, które zastępując miejsce powietrza, mogłyby ténże sam skutek uczynić, zwłaszcza gdy obiętnia jest przymała. Lulo zwierzęta żyć nie mogą w próżni, z tém wszystkiém naucza doświadczenie, iż tak ludzie jak i inné zwierzęta żyć mogą bez uszkodzenia w powietrzu nie równie rzadszém albo gęstszém od powietrza pospolitégo, iako to: na wierzchołkach wysokich gór, gdzie toż powietrze znacznie mniejszy jest gęstości, niż przy ich podstawie. Nurkowie także wpuszczający się w głębię morza, za pomocą naczynia zwanego dzwonem nurkowym (Campana urinatoria) oddychają tamże bez uszkodzenia powietrzem przez parcie wody zgęszczoném. Dzwon zaś nurkowy, jest to naczynie wielkie drewniane, ołowiem pobite, mające w dolney części swojej poprzeczepiane ciężary dla wagi; kształt jego podobny jest do kształtu dzwona, czyli raczej ostrokregu uciętego: w części swojej górney zasklepiené, a w niższej otwarté, gdzie nurek siedzi. Naczynie to tak zanurzy-

nurzywszy w morzu, aby płaszczyzna otworu tego była równoległą do poziomemu, powietrze w niem się znajdujące, nie mogąc nikedy wysiść, ściska się, zgęszcza od wody, a zatem wyższą część tego naczynia zajmuje, gdzie nurek zgęszczoném powietrzem oddycha pod wodą, a nawet kiedy tego potrzeba, może go odmięć na świeże przez otworzenie rurek spółkujących z beczkami tuż obok obiętni nurkowéy będącemi, powietrzem napełnionemi.

### §. XVII.

Dźwięk  
w próżni  
wydany  
bydź nie  
może.

Jakićkolwiek ciało głos czyli dźwięk wydaić, n. p. zegar biący, podstawiony pod obiętnią na welnie, po wyróżnieniu z niéy powietrza, żadnego dźwięku nie wyda, choć młotek jego bić będzie w dzwonek, które to doświadczenie przekonywa nas, że dźwięk w próżni wydany bydź nie może, a tém samém, że do wydania głosu istotnie jest potrzebne powietrze. Ponieważ zaś nie przez samo tylko powietrze głos się rozchodzi, ale téż i inné ciała twarde sprężyste ku temu skutkowi służą (Wst. Roz. X. 33.) dla tego czyniąc pomięione doświadczenie baczyć potrzeba, aby młotek zegarka, żadeny ze stałych części powietrzociągu nie dotykał się. Gdyby więc w temże doświadczeniu był użyty do poruszenia młotka pręt o którym mówiliśmy w §. 5. w takim



w takim razie potrzebaby iak nayprędzcy pręt cokolwiek, nim młotek uderzy, dla przeciżenia spółkowania dźwięku. Przeciwnie się dzieje z głosem w powietrzu zgęszczoneń w obiętni: tém bowiem jest mocniejszy i wyraźniejszy, im bardziey zgęszczone jest powietrze; do czego zaiste wiele się przykładá samo drżenie cząstek obiętni od drżenia powietrza w niey się znajdujacego wzbudzone. I dla tego to ow nurek, co niegdyś w powietrzu miernie zgęszczoneń w obiętni zanurzony, w wodzie zadął na trąbce, mocą iey dźwięku tak był rażony, iż prawie od zmysłu odszedł (Sturm. Colleg. curios. Tom II. Tent 1.).

## §. XVIII.

Jeżeli walec szklanny blisko sześć stóp długi, a 2½ calów szeroki, z obojdwóch końców otwarty, z podstawą nieco przyszczerzą, w gornym zaś końcu swoim mogący się zamykać wieczkiem, iakżeśmy opisali w §. 5. oraz mający pręt przez to wieczko przechodzący z kilku na końcu haczykami, na którychby można było z łatwością ciężarki iakie n. p. pióro, czerwony złoty, kawałek ołowiu tak zaczepić, iżby za najmniejszym iego poruszeniem wszystkie te ciężarki pospadały, jeżeli mówię, walec takowy postawiwszy na talérzu powietrzociągowym wypróżnimy go z powietrza, a z prę-

Wszystkie ciała jednakową prędkością w próżni, w niewielkich wysokościach na iakich tylko doświadczenia czynić można.

ta pozrzucamy ciężarki, postrzeżemy, iż pióro wraz z innemi zawieszonemi ciężarami jednaka chyżością spada na taléż powietrzociaga. Przeciwnie zaś trafia się, gdy téż walec nie jest z powietrza wypróżniony: ciała bowiem gatunkowo cięższe iako złoto, ołów, i t. d. prędzcy spadają iak ciała gatunkowo lżeysze n. p. pióro.

## §. XIX.

Płynny sprężystó, nie kedy naczyńiá, w których się znajduje. parciém ié swoim z miey ca wzruszają.

Fig. 81.

Wiemy, że gdy siły działaiace na ciało iakié w kierunkach wprostprzeciwległych są między sobą równé, ciało to koniecznie zostawać musi w spoczynku. Gdytysmy więc powietrze, albo inny iaki płyn sprężysty w naczyniu zewszád zamkniętém, ilé tylko tydz może ściśnégł, płyn téń wywierć będzie parcie swoje na naczynie ale dla równégó na wszystkie strony działania swojego, naczynia z mieysca nie wzruszy. Lecz iczeli przypuścimy, że część iakaś E, naczynia AB nie może wytrzymać całkowitégo parcia płynu w niém się znajduiącégó, rzecz oczywista, że w tym przypadku, płyn sprężystością swoią część takową naczynia z mieysca poruszy, i popychać będzie ku EF, ale w miarę popchnięcia téyże części E, działanie iego na nią skłócić musi: a tak działanie w prost przeciwległé części C ku CD, które przedtém wyrównywało działaniu ku EF, za poruszcieniem części E,

E, stanie się większe od działania na tęż część E: zatem naczynie całe AB, jeżeli jest ruchomé, ku CD usuwać się będzie. Czego właśnie doświadczyć można na rurce mającej kształt kuli albo gruszki wewnątrz wydrążonej z cienka szybką (aeolipyla) z miedzi lub żelaza wyrobionę. Wlawszy bowiem w nią cokolwiek wody, i wolno korkiem zaszpuntowawszy, położmy ją nad żarzącemi się węglami, skoro tylko woda wrzeć zacznie, i przestacząc się w parę sprężystą, (Wst. XIV. 22.) natychmiast korek z hukiem wystrzeli, a rurka w tył się cofnie, byłaby dosyć była ruchomą. Doświadczenie to tłumaczy nam cofanie się w tył dział woïennych przy wystrzeleniu, podnoszenie się do góry rac i t. d. Proch albowiem zapalony rozpływa się, przestacząc się w parę nader sprężystą, i na wszystkie strony moc swoją wywierającą.

### §. XX.

Jużśmy okazali gdzieindziey, że siła sprężystości powietrza powiększa się przez jego ściśnienie, że zaś powiększa się w tym samym stósunku, w którym się powiększa gęstość powietrza, to nam okaże następujące doświadczenie. Weźmy sobie AB, CD. rurkę szklaną, na trzy lub cztery linie szeroką, do tablicy drewnianej przytwierdzoną; mającą dwa ramiona równoległe AB i CD, z którychby jedno było

Sprężystość powietrza ściśnionego powiększa się, w stósunku powiększającej

się jego  
gęstości.

Fig. 82.

było długie blisko na dwanaście calów przy D zasklepione, drugie zaś długie blisko ośm stóp, przy A otwarte, obydwa zaś równy w zędie grubości. Postawiwszy tablicę z takową rurką prostopadle do poziomu, wliamy przez A cokolwiek żywego srebra, któreby część rurki zakrzywioną, aż do linii poziomą RC napełniło. Powietrze będące nad żywem srebrem w CD, mieć będzie gęstość i sprężystość taką, jaką ma powietrze zewnętrzne; gdyż tak żywe srebro samé z sobą, iak powietrze w CD z powietrzem zewnętrznem, zajmującem rurkę AB, równo waży. Przylémy teraz żywego srebra tyle, żeby się rurka AB, aż do F niém napełniła tak, iżby się stopień ciepła nieodmienił. Powietrze w rurce krótszemy póty ścisnąć się będzie w mniejsze miejsce n. p. DE, aż sprężystość jego tak przez zgęszczenie powiększy się, że będzie mogło oprzeć się ciśnieniu żywego srebra. Doświadczono zaś, że kiedy wysokość ciężkomierza było = 28," zaś CD = 12," na tén czas CF; było = 4," oraz BF = 18;" albo" (poprowadziwszy poziomie GE tak, żeby było CE = BG) GF, = 14" . Kiedy zaś było CE = 6," na tén czas CF było = 28." a gdy było CE = 9" na tén czas GF było = 84" . Powietrze więc dopóki zajmowało miejsce CD = 12" ciśnione było ciężarém całego powie-

powietrzokregu, czyli co iedno jest ciężar-  
 rēm słu-  
 p-  
 żywego srebra wysokięgo na  
 28". Toż powietrzę skupionę w mie-  
 scu ED,  $= 12 - 4 = 8$ . ciśnionę było ciężar-  
 rēm  $28 + 14 = 42$ " żywego srebra:  
 w miejscu zaś  $12 - 6 = 6$ " ciśnionę było  
 ciężar-  
 rēm  $28 + 28 = 56$ " żywego srebra.  
 Nakoniec toż powietrzę w miejscu  $12 - 9$   
 $= 3$ , ciśnionę było ciężar-  
 rēm  $28 + 84 = 112$ "  
 żywego srebra. Jest zaś  $28 : 42 = 8 : 12$ ;  
 $28 : 56 = 6 : 12$ ; toż samo  $28 : 112 = 3 :$   
 $12$ . Gęstość zaś powietrza będącego  
 w rurce krótszemy musi być zawsze w stó-  
 sunku odwrotnym wysokości ED. Wno-  
 si się więc stad ogólnie, że sprężystość  
 powietrza, która zawsze wyrównywa siłę  
 ściskającą powietrzę, jest w stosunku ie-  
 go gęstości (Wstęp X. 7.) gdy stopień cie-  
 pła zostaje nieodmienny.

### §. XXI.

Doświadczmy teraz, jeżeli dopiero  
 odkryta własność powietrza, może mieć  
 innejsię wzięta odwrotnie. Niech będzie  
 rurka AB prosta szklanna równę wszę-  
 dzie wewnątrz wydętości, z obydwóch  
 końców otwartą blisko 30. caliów dłu-  
 ga w położeniu pionowém; spodni ięty ko-  
 niec B zatkamy palcēm, przez gorny zaś  
 A wlemy żywego srebra do iakięykól-  
 wiek wysokości C, to zrobiwszy zatkay-  
 my gorny ięty otwór tak, aby powietrzę  
 zewnątrzne wcale przezęń nie wchodziło,  
 spodni

Spręży-  
 stość po-  
 wietrza  
 rozrze-  
 dzonęgo  
 zmniej-  
 sza się  
 w stosun-  
 ku zmnie-  
 szającą



się jego  
gęstości

Fig. 83.

spojni zaś ciwóro od siebie my trzymając go, z aur całego wina zwinu żywém srebrem napelnioném, część iakaś żywego srebra z miedzi wyjętym, resztę zaś zniży się do pewnego punktu D. W tym więc przypadku powietrze, które prze niem zajmowało tylko miejsce AC, zajmować będzie nierównie większe AD, a zatem o tyle się rozrzedzi, o ile się rozciąg jego powiększył. Doświadczoneo zaś, że kiedy wysokość cię komiérza była  $= 28''$ ,  $AB = 30''$  i  $AC = 2\frac{1}{2}''$  na ten czas było  $AD = 9''$ . Na początku więc powietrze zajmując miejsce AC, taka miało gęstość, iaka była w powietrzkokregu, czyli iak gdyby było ciśnione ciężarém  $28''$  żywego srebra, ale za powiększeniem się jego rozciągu aż do AD, a tém samém za rozrzedzeniem się w stosunku AD: AC, ciśniony jest tylko ciężarem słupa  $7''$  żywego srebra. Słup bowiem powietrza AD, wraz ze słupem żywego srebra DB, który wynosi  $21''$  i wio wliży z powietrzkokregiem czyli ze słupem  $28''$  żywego srebra. Od słupa więc  $28''$  żywego srebra odjąwszy słup  $21''$  zostanie słup  $7''$  którym sąnien tylko powietrze w rurce jest ciśnione. Jest zaś  $7:28 = 2\frac{1}{2}:9$ , a zatem gęstość powietrza w tymże słupie jest stosunku, co jego sprężystość, czyli co i siła toż powietrze ścisnąćca, byleby stopień ciepła był niezmieniony. Czyniąc wiele innych podob-

podobnych doświadczeń, przekonać się można, że gęstość powietrza, cności by najbardziej rozrzedzonego, jest zawsze w stosunku siły ciśnającej gdy stopień ciepła zostaje nieodmienny.

## §. XXII.

Poprzedzając własności w powietrzu dostrzeżone, podaia nam' szczegolny sposób doświadczenia tychże skutków i w powietrzoziagu. Niech rurka szklanna CDE, (z tabliczką swom AB), wewnątrz wszędzie równy wydytości, ma dwa ramiona równoległe i pionowe, iedno CD, blisko na 12 cali długie, w górze otwarte, drugie DE, krótsze w górze zamknięte. Napełnimy też rurkę żywem srebrem, aż do linii poziomey jakiegokolwiek AB, przestwór zaś BE nien zostanie zięty powietrzem téj gęstości, jaką ma gęstość powietrze oddychalne. Rurkę tę tak zawieśmy pod obiętnią, ażoby powietrze z nięj przez sam tylko otwór C wycodzić mogło do obiętni: ponadto powietrze z obiętni, powietrze téż w AC zarówno się rozrzedzi, a zatem żywe srebro w ramieniu DC, podniesie się, a opadnie w BD przez rozszerzenie się powietrza w EB. Aże dowiedliśmy, że gęstość powietrza, jest zawsze w stosunku jego sprężystości, z podniesienia się więc żywego srebra miarkować można o ile się rzadziej powietrze w obiętni rzadszem stało od powietrza

Sposób  
doświadczenia  
tychże co  
wyżej  
skutków  
w powietrzoziagu.

Fig. 84

zewnątrznego, albo raczej, ile razy sprężystość jego, mniejszą jest od sprężystości powietrza zewnętrznego (4.). Przeciwnie się stanie zgęściwszy powietrze w objętni: żywe bowiem srebro w ramienu dłuższem zniży się, a podniesie się w krótszém, a tak powietrze w ramienu krótszém, przez ciśnienie powietrza zewnętrznego zgęści się, i zatem podniesienie się żywego srebra, nad punkt B, pokazywać będzie ile powietrze pod bamię gęstszem się stało od powietrza zewnętrznego.

## §. XXIII.

W poprzedzających badaniach o naturze powietrza co do sprężystości i gęstości, zawsześmy go odnosili do iednostaynego stopnia ciepła i czystości: doświadczmy teraz, jeżeli przymioty służące powietrzu, w pomienionym względzie, służyć mu jeszcze mogą; gdy ani stopień ciepła, ani czystość nie jest iednaką. Dajmy przeto, że rurka AB znajduje się w powietrzu wilgotném, które gdy ięć część AC, zajmnie, niech ma sprężystość  $= E$ , gęstość  $= D$ ; gdy zaś zajmnie mieysce AD, niech onego gęstość będzie  $= d$ , sprężystość  $= e$ . Przypuściwszy więc że w tych obydwóch razach stopień ciepła jest iednaki, podług wyżey dowiedzionych prawd, będziemy mieli  $E: e = D: d$  (§. 21.). Wystawmy teraz sobie, że powietrze objętności

Sprężystość powietrza nie może być w stosunku tego gęstości, gdy stopień ciepła i czystości nie jest iednak.

Fig. 83.

tności AC, nim nabyło objętności AD, zostaje osuszone, a stopień jego ciepła nie odmięnia się, sprężystość jego jeszcze będzie  $= e$ , gdyż tuż sama siła co przedtem, ciśnie go; ale gęstość jego  $t$ , stanie się mniejszą od gęstości dawnéj  $d$ : ięst bo więm powietrzę wilgotné gatunkowo cięższe od suchego równie sprężystego i równie ciepłego: (9.). Będzie więc  $E: e = D: d$ , ale nie  $= D: t$ , gdyż  $t < d$ . Podobnie okazaćby można było, że ponieważ powietrzę suché ięst gęstsze, a wilgotné rzadsze, sprężystości obydwu tych gatunków nie są w stósunku ich gęstości. Wnieśmy stąd ogólnie, iż dopoty tylko sprężystość powietrza ięst w stósunku gęstości jego, dopoki nie tylko stopień ciepła, ale też i czystości jego nieodmięnną zostaje; czyli co iedno ięst, dopoki w pewnéj iakiey miąższości powietrza gęściejszego, tyle się znajduje wyzięwów, ilę ich ięst równéj miąższości powietrza rzadszego, równie iak i tanto ciepłego.

## §. XXIV.

Wystawmy sobie iakikółwiek słup powietrzny okragły, albo graniasty, pomiernéj szerokości od powierzczeni ziemi, aż do ostatnięj krajiny powietrzołregu wznoszący się, podzielony na nieskońcześnie wiele warstw poziomych równéj grubości, z których iakikółwiek przyległę sobie

Ciśnienie  
powietrza  
kręgu ku  
górze uby  
wa w pu-

stopie  
(progres-  
sio) Jeo-  
metrycz-  
nym.

Fig. 85.

sobie niech będą CD, i EF. Ciśnienie zaś powietrzokręgu na płaszczyźnie poziomą AB, niech będzie  $= P$ , ciśnienie na płaszczyźnie także poziomą CD  $= p$ , na płaszczyźnie poziomą EF  $= p'$ ; dajmy, że ciężar warstw, CF  $= g$ , warstwy AD  $= G$ ; a tak będzie  $P = p + G$ ;  $p = p' + g$ . Uważając teraz że wszystkich warstwach słupa powietrznego, których grubość tak jest niezmiernie mała, iż wszystkie się brać mogą za warstwy równy gęstości, stopnia ciepła i czystości jest jednaki, będzie się miała gęstość warstwy AD, do gęstości warstwy CF, jak się ma  $p : p'$  (27.) Ze zaś gęstość powietrza jest w stosunku sily ciśnaczy, będzie więc  $G : g = p : p'$ , a tém samym  $G + p : g + p'$ , albo  $P : p = p : p'$ . Cośmy tu wzięli na dwóch warstwach przyległych sobie AD i CF, widziećby można na innych dwóch jakichkolwiek także sobie przyległych. Skąd się wnosi, że ciśnienie powietrzokręgu ku górze w stopie naszym, coraż się zmniejsza w postępie jeometrycznym; iakikolwiek jest licza warstw równo grubych, z których się on składa.

### §. XXV.

Wiadomo jest, że odmiany zachodzące w wysokości ciężłomięrza, okazują odmienne ciśnienia powietrzokręgu, iakié n. p. bydz mogą w miejscach AB, CD, EF. Gdy więc przypuścimy, że w mieyscu



ku AB, wysokość ciężkości jest  $= B$ ,  
 w miejscu zaś CD w tymże samym czasie  
 wysokość jego  $= b$ ; otrzymamy  $B : b =$   
 $P : p$ . (Wst. IX. 22.) gdzie  $P$  i  $p$  wyraża-  
 ją ciśnienia powietrzokręgu na płaszczyz-  
 ny AB i CD. Zatem warstwa będzie od-  
 legła od spodniéy na liczbę warstw  $n$ ,  
 a wysokość ciężkości w niéy  $= y$ ,  
 otrzymamy postęp geometryczny składają-  
 cy się z liczby  $n + 1$  wyrazów, którego  
 pierwszym wyrazem będzie  $B$ , drugim  $b$ ,  
 ostatnim zaś  $y$ ; a zatem  $y = \frac{b^n}{B^{n-1}} = \frac{b^n B}{B^n}$

oraz  $ly = n lb - n l. B + l. B$  (a) skąd  
 $n = \frac{lb - ly}{lb - l. B}$  Uważając więc wszystkie

warstwy, iakoby jednakiéy grubości,  $n. p.$   
 $= c$ , ilość  $nc$  będzie odległością czyli wy-  
 sokością warstwy iakiey odlegléy od  
 spodniéy AB. na liczbę warstw  $n$  jest. zaś  
 $nc = c \frac{lb - ly}{lb - l. B}$  przeto  $nc$  nazwawszy  $x$ ,

będzie  $x = c \frac{lb - ly}{lb - l. B}$  wyrazem takowéy  
 wysokości. Ponieważ zaś doświadcze-  
 nie przekonało, że gdy wysokość ciężko-  
 miérza przy powierzchni morza jest  $=$

T

29"

(a) l. oznacza Logarytm. Kréska położona nad  
 liczbą stopy, dwie - kréski cale, trzy kréski  
 knie i t. d.

$29'' = 348$  linii Paryzkich, a wysokość ciepłomierza tamże jest  $= 16\frac{3}{4}$  stopni Reaum: na tén czas potrzeba ciężkomierz wynieść nad powierzchnią morza do wysokości 12, 497 sążni, żeby jego wysokość na iedną linią zmniejszyła się (de Luc. Recherches §. 561.). Jeżeli więc jest  $B = 348$ , i  $b = 347$ , będzie  $c = 12, 497$ , a zatem  $x = 12, 497 \frac{1, 348 - ly}{0, 0012, 497} = 10000$ .

$$\frac{1, 348}{y} = 10000 \quad 1, 348 - 10000 \text{ l. y. Zrę-}$$

wnanie to służy do wynalezienia wysokości  $x$ , którą oznaczy się w sążniach Paryzkich, gdy wysokość ciężkomierza  $y$ , wyrażoną będzie w liniach Paryzkich.

### §. XXVI.

Daemy, że teraz wynosimy ciężkomierz jeszcze wyżej iak do wysokości  $x$  n. p. do wysokości  $x'$ , oraz niech tamże wysokość jego wskazuje linii  $u$ , gdy na ciepłomierzu jest  $16\frac{3}{4}$ , a zatem gdy przy powierzchni morza, wysokość ciężkomierza  $= 348$ ''' będziemy mieli  $x' = 10000$  l. 348  $- 10000$  lu. (§. 25.) aże byto na ténże stopień ciepła  $x = 10000$  l. 348  $- 10000$  ly: odciągając te dwa zrównowania od siebie, wypada  $x - x' = 10000$  l.  $\frac{y}{u}$ . Jeżeli więc przy górze albo wieży iakiéy, iakokolwiek nad powierzchnią morza wyniesionéy, wysokość ciężkomierza jest  $y$ , wysokość zaś jego

Za pomocą ciężkomierza zmierzyc wysokość gor.

tego na wierzchołku téżże góry lub wieży w jednymże czasie wziętą z tamtą jest  $= u$ , wysokość góry albo wieży téż  $x = x'$  (którą nazywam  $z$ ) będzie  $= 10000 \frac{1}{u}$ , biorąc powietrze wszędzie iednako czyste i równie ciepłe na  $16 \frac{3}{4}$  Reaum: Gdy bowiem zimniejszy jest albo cieplejszy od rzeczonoego stopnia, nie tylko samo żywe srebro w ciężkości przez zimno bardziéj się ściaga a przez ciepło bardziéj się przedłuża, wjednakiéj nad powierzchnią morza zostając wysokości, ale téż w tych przypadkach i samo powietrze gatunkowo lżejszym albo cięższym się staie. Zrównanie więc wyciągnię na wynaleziénie wysokości miysc danych, potrzebuie dwoiakiéj poprawy, aby wydało wypadki rzetelné: poprawa zaś ta na tém zależy, aby służyła na każdy stopień ciepła tak żywego srebra iak i powietrza.

## §. XXVII.

Co do piérwszéj poprawy ściągającej się do odmiany objętości żywego srebra z odmiany ciepła pochodzącéj, wie-dzieć mamy z doświadczenia, że słup żywego srebra walcowy, który w wodzie ścinający się od zimna má długość  $= 27$  calów, w wodzie wrzącéj przedłuża się na 6 linii: owszém że w ogólności każdy słup okrągły żywego srebra zupeł-nie w tymże samym stósunku przedłuża

Piérwsza  
poprawa  
wysokości  
wynale-  
zionéj.

się, w którym się stopień ciepła podwyższa. (de Luc.) Przeto ténże sam słup żywego srebra stopniami ciepła  $r$  przedłuża się na  $\frac{6}{80} r = \frac{3}{40} r$  linii, a długość jego na tén czas stała się  $C = 27'' + \frac{3}{40} r$ .<sup>'''</sup> Położywszy więc  $r = 16\frac{3}{4}$ , wysokość zaś tego słupa na ciepło  $16\frac{3}{4}$  nazwawszy  $D$ , będzie  $D = 27'' + 3 \cdot \frac{16\frac{3}{4}}{40}$ . Dwa tu

przypadki rozróżnić potrzeba, jeden kiedy  $r < 16\frac{3}{4}$  drugi kiedy  $r > 16\frac{3}{4}$ ; w pierwszym przypadku będzie  $D - C = 3 \left( \frac{16\frac{3}{4} - r}{40} \right)$  to jest liczba linii, które

przydać należy do słupa żywego srebra  $C$ , ażeby znaleźć jego długość  $D$ , odpowiadającą ciepłu  $16\frac{3}{4}$ ; w drugim przy-

padku wypada postępowanie przeciwne, to jest też. liczbę linii potrzeba odciągnąć od słupa żywego srebra  $C$ , aby otrzymać długość jego na stopień ciepła  $16\frac{3}{4}$ . Niech  $B$  wyraża liczbę linii zamykających się w wysokości iakiegokolwiek innego słupa walcowego żywego srebra na ténże stopień ciepła  $r$ ; przedłużenie zaś tego słupa w stopniu ciepła  $r$  położmy  $= v$ ; wiedząc z doświadczenia że przedłużenia różnych słupów walcowych żywego srebra są w stosunku długości samychże słupów, będziemy mieli  $27.12$

+

$$+ \frac{3}{40} r: B = 3 \left( \frac{16 \frac{3}{4} - r}{40} \right) : v, \text{ skąd } v =$$

$$\left( \frac{16 \frac{3}{4} - r}{4320 + r} \right) B; \text{ to jest liczba linii szuka-}$$

na, mając się przydać albo odciągnąć od siłpa B, ażeby otrzymać jego długość stosowną do stopnia ciepła  $16 \frac{3}{4}$ :

## §. XXVIII.

Co się tycze drugiey poprawy należącej do odmiany stanu powietrza, zaściey od ciepła, tę łatwo nam odkryje następujące rozumowanie. Wiadomo nam jest, że ciepło rozrzedza powietrze, a tém samém ciężar jego gatunkowy zmniejsza, wystawiwszy więc sobie, że powietrze będące między pewnemi punktami A i B. w których wysokości ciężkości są y, i u, rozrzedza się od ciepła większego niż  $16 \frac{3}{4}$  stopni, rzecz widoczna, że w tym przypadku ciężar powietrza zmniejszać się będzie, a przeto potrzeba będzie wynieść ciężkość wyżej iak do punktu C, ażeby wysokość jego nie insza była iak u. Ponieważ zaś AC jest większe od AB, potrzeba będzie coś przydać do oznaczonego przez zrównanie podane § 16, jeżeli ciepło jest większe iak  $16 \frac{3}{4}$  a odciągnąć od z, gdy

Drugą poprawa.

Fig. 36.

4  
ciepło mnieysze jest iak  $16 \frac{3}{4}$  Ilość zaś

któ-



którą w téj mierze przydać albo odciągnąć potrzeba podług doświadczeń J. P. de Luc, wynosi  $\frac{1}{215}$  część wysokości poprawny na każdy stopień ciepłomierza Reaumur: to jest na stopień ciepła  $r$  przydać albo odciągnąć należy od wysokości z rąz już poprawny sążni  $v' = r - 16 \frac{3}{4}$

215

Objasniłmy to wszystko przykładami.

### Przykład pierwszy.

X. Fenillée na wierzchołku góry Pik na wyspie Teneryffie będący znalazł wysokość ciężkomiérza = 209''' przy podstawie zaś téjże góry wysokość ciężkomiérza = 334'', ale stopień ciepła powietrzokręgu nie był oznaczony. Przypuśćmy więc, że był =  $16 \frac{3}{4}$ , szukamy jaką będzie wysokość téj góry.

Postępując podług tego, co się powiedziało w § 26 będzie,

$$1 y = 2,5237465$$

$$1 u = 2,3201463.$$

$$1 \underline{z} = 0,2036002.$$

Rozdzieliwszy więc tén Logarytm przez 10000 wypadnie wysokość szukaną góry = 2036,002 sążni. Ale J. P. Bouguer geometrycznie wymierzał tęż górę znalazł iéj wysokość = 2070 sążni.

Przyj

## Przykład drugi.

Wysokość Latarni morskiej (*Pharus*) w Genui podług wymiaru jeometrycznego, wynosi 222' 11" Paryzkich, szukamy podanemi sposobami czyli też sama wysokość iey wypadnie, wiedząc, że przy podstawie onęże ciężkości wskazywał 338, 656''' na wierzchołku zaś 335, 844''' a stopień ciepła średni był na ten czas 19, 6° Reaum: Będzie więc podług

$$\S 27 v = - \frac{2, 85}{43396} B = - 0, 000657. B, a$$

przeto wysokość y poprawna czyli  $y' = 338, 434'''$ , wysokość zaś u poprawna czyli  $u' = 335, 624'''$ . Skąd...

$$ly' = 2, 5294741.$$

$$lu' = 2, 5258529$$

$$a \text{ przeto } ly' - lu' = 00036212$$

Iest więc wysokość szukaná Latarni raz poprawná czyli  $z' = 10000 \text{ l } \frac{y}{u} =$

$$36, 212. \text{ s\AA}żni (26) \text{ A\AA}ze u' = \frac{2, 85. 36, 212.}{215}$$

$$= 0, 48 \text{ s\AA}żni. \text{ Wysokość więc } z \text{ dwu-}$$

$$\text{krotnie poprawná czyli } z'' = \frac{36, 212}{+ 0, 48}$$

$$36, 692$$

albo 220, 152 stóp, co się bardzo małe różni od wymiaru jeometrycznego.

## § XXIX.

## §. XXIX.

Gęstość  
powietrza-  
kręgu t k  
prawie  
zmniejsza  
się postę-  
pując do-  
góry, ku  
górze, tak  
gdyby po-  
wierz-  
wszędzie  
było iedna-  
ko ciepła i  
iednako  
czyste.

Ale to prawidło podług którego za-  
pomocą ciężkomierza wyznaczamy wyso-  
kość gór i wież, ma tylko miejsce w po-  
wietrzu równie wszędzie ciepłym i czy-  
stym i takśmy wyżej powiedzieli (§ 24.)  
lubo toż prawidło przy tej nawet iuka  
jest wrzeczy samy różnica ciepła, po-  
wietrzokręgu wyższego i niższego, bar-  
dzo użytecznym jest i więcej, niż się  
spodziewać można dokładnym. Doświad-  
czono bowiem, iż rzeczoné prawidło wy-  
mierzania wysokości ciężkomierzem przy-  
wiązane do iednostaynego ciepła i czy-  
stości powietrzokręgu ma ieszcze mieys-  
ce, gdy ani stopień ciepła, ani stopień  
czystości powietrza nie jest iednaki, by-  
leby tylko, wysokość ciężkomierza na do-  
le i w górze postrzegana, podług odmiany  
ciepła była poprawną, oraz w drugiey  
poprawie wysokości mieysca znalezio-  
ney brane było średnie ciepło; to jest  
żeby w zrównaniu  $v = \left( \frac{16\frac{3}{4} - r}{4320 + r} \right) B$ ,

ilość  $v$  wyrażała ciepło, które się w rze-  
czy samy bądź w górze bądź na dole  
znayduie, w zrównaniu zaś  $v = \frac{r}{215} -$   
 $16\frac{3}{4}$  z' taż ilość  $r$  wyrażała średnie

215

ciepło między górnym i dolnym. Znay-  
dując takową zgodę doświadczén z pra-  
wi-

widłém naszym, łatwo się domyślić możemy ię przyczyny. Iako bowiem powietrzokrąg w dolnćy części swoięćy więććy się rozrzedza od ciepła niż w górnej, tak też przeciwnie w teyże części dolnćy daleko więććy wyziwów znajduje się, które go o tyle prawie nazad zgęszczają, o ile się przez ciepło rozrzedziło: a tak powietrzokrąg taką ma wszędzie gęstość, iakąby miał, gdyby tak w górze iak i na dole był iednako ciepły i iednako czysty.

§. XXX.

Chcąc wymiérzać wysokości miayse przez Ciężkomiérz, nie dosyć jest znać prawidło nie dawno wyłożonć, ale potrzeba jeszcze aby ciężkomiérz był do tego iak náyłepięćy zroniony, to jest aby rurka szklaną miała koniecznie  $2\frac{1}{2}$  albo náywięććy trzy linie średnicy wewnętrznej, doskonale walcową o iednćy wszędzie grubości, żeby szkło nie było nadto grubć, połowa linij jest miarą grubości, która szkło mieć powinno, żeby rurka wewnątrz żadnćy nie miała chropowatości, ale była zupełnie gładka. Jeżeli taki ciężkomiérz składa się ze dwóch rurek spółkujących, czyli z rurki zagiętćy mająććy dwa ramiona iaki jest náyłepszy, ramie krótszć bydź powinno iednostajnćy średnicy i grubości z ramieniem dłuższćm, na ramieniu czyli rurce kró-

Jaki Ciężkomiérz używać mamy do oznaczénia wysokości góry.

krótszemy bydy także powinny podziały i linie poziomo poprowadzone, aby dokładnie poznać można było wysokość słupa żywego srebra przez powietrze podniesionego i oddzielić go od tego, eo się mocą żywego srebra w rurce krótszemy podniesionego utrzymuie podług natury ciał płynnych, żywe srebro, w tym ciężkości bydy powinno nacyzysze, żadnych obcych części, iakie bydy mogą ołów, Antimonium, nie zawieraiące: to żywe srebro ieszcze bydy powinno doskonale wysuszone i z wszelkiej ogołoczone wilgoci. Po tem wszystkiem, co jest nayistotniejsza, bydy powinno żywe srebro przez ogień zupełnie z powietrza obnażone. A ponieważ powietrze nie tylko się może znaydować między częściami żywego srebra, ale nawet przyczepione do boków szkła w rurce, więc starac się należy, aby to powietrze przez ogień zupełnie wypędzić tak ze szkła, iako téż i z żywego srebra. Na ten koniec w robieniu ciężkości wypełniając rurkę czystym żywym srebrem, trzymać ją należy nad zarzáciami się węglami tak, żeby w niy żywe srebro wrzało następnie od końca rurki zasklepionego aż do drugiego otwartego. Gdy tym sposobem powietrze zupełnie będzie wypędzone przez ogień, żywe srebro dokładnie przylégające powinno zewsząd do szkła mieysce próżne



żné w górze przy sklepieniu rurki, które się nazywa próżnią *Torysellęgo*, nie ma być nadto małe; a to dla tego, że jeżeli nie podobna prawie огоłocić żywego srebra z powietrza, to powietrze zgromadziwszy się potem w to miejsce próżné, im bardziéj się rozciągnie, tém mniéj przeszkadzać będzie skutkóm ciężącego powietrzokręgu. Podczas postrzegania czyli obserwacyi być powinien ciężarek czyli szródwaga przy ciężkomierzku, aby się zapewnić o jego położeniu zupełnie pionowém. Nakoniec uważając wysokość, potrzeba trochę wstrząsnąć ciężkomierzem, aby żywé srebro nie przylęgało gdzie do rurki, ale wolną było mocą powietrzokręgu utrzymywane. Co się tycze podziału ciężkomierza, ten może być następujący: Rurka dłuższa AC, w górze za klepioną bierze się blisko 32 caliów, krótsza CB otwartą długości, upodobanę. Ciężkomierz ten tak się podzielić, ażeby przy linii pozioméj DE, blisko na 9 caliów wyniesionę, nad spodek rurki C było położoné o, żeby od punktu E spuszczał się ku C było 7 caliów oznaczonych, od punktu zaś D aż do A, na rurce dłuższéj caliów 22 do 23 tym sposobém gdy żywé srebro w rurce dłuższéj wygórnie n. p. aż do G, w rurce krótszéj opadnie aż do F, i będzie D

G + EF prawdziwą ciężkość wyso-  
kością n. p. = 27. calów, gdy  $DG = 22, "$  i  
 $EF = 5, "$ ; w wymierzaniu wysokości  
miejsc nie dosyć mieć takowy ciężko-  
miarz, potrzeba jeszcze żeby do niego był  
przyłączony ciepłomierz, a to dla iak naj-  
dokładniejszego oznaczenia odmian cie-  
płomierzowych ciężkości. Mając to-  
wiem ciepłomierz obok ciężkości,  
sądniej jest w jednymże momencie ich  
wysokości dostrzegać w jakimkolwiek  
stanowisku. Wszakże najlepsze mając  
ciężkości, zawiesiwszy je obok  
siebie zdarza się częstokroć doświad-  
czyć, że się nie zgadzają co do wysoko-  
ści, owszém że się różnią  $\frac{1}{8}$  a niekiedy  
 $\frac{1}{4}$  części linii Paryzkich. A zatem można  
powiedzieć, że znaleziona wysokość miej-  
sca przez ciężkość w tylu stopach nie  
jest pewna, ile ich odpowiada  $\frac{1}{8}$  części linii  
żywego srebra w ciężkości.

## §. XXXI.

Powiedzieliśmy wyżej, że ciężko-  
miarz przy powierzchni morza wskazuje  
Ciężkość  
gęstość  
wą powie-  
rza iak  
oznaczyć  
przez cięż-  
kość.  
348 linii, kiedy na ciepłomierzu jest 10 $\frac{3}{4}$ .  
podniesiony zaś nad tęż powierzchnią na  
12, 497 sażni (25) czyli 10797, 408. linii  
przy tymże stopniu ciepła zniża się na ie-  
dną linię. Idzie więc zatem, że jedna  
linia żywego srebra równo waży z 10797,  
408 liniami powietrza, a przeto że po-  
wietrze zawarte w rozległości 10797, 408  
linij

linii jest tyléż razy lżeysze od żywego srebra. Albo ponieważ żywé srebro 14 razy cięższe jest od wojszczowey, powietrze lżeysze bydź musi od wody razy 771. Ale iak to bydź może, kiedy gęstość powietrza nie wszędzie jednaką? Lubo gęstość powietrza odmienna bydź musi, pódług odmiennéy wysokości iego nad powierzchnią ziemi, z tém wszystkiém w wysokości 12 sążni różnica tej gęstości tak mała bydź musi, iż bez znacznego a prawie żadnego uchybiénia może bydź nierachowana. Powietrze im odlegleysze jest od powierzchni ziemi, tém rzadsze bydź musi, ale nie może nieskończenie rzadnieć. Jest bowiem powietrze płyném, którego cząstki mają z sobą pewny związek, związek ten formuie iemu gęstość właściwą czyli przyrodzoną. Ciało naysprężystsze nawet, ani się rozrządza ani zgęszcza wtedy, kiedy już wszędzie do jednakowéy postaci przyszło. Powietrze więc rozciąganiem się swoim przyszedlszy do stanu przyrodzoney sobie gęstości przestać musi daley się rozrzedzać (Wst. X. z.). Atoli jeżeli powietrze gęstszym się staie, iak jest w stanie sobie przyrodzonym, zgęszczenie to nie może bydź tylko skutkiem ciśniénia oraz gęstość nabytą powietrza czyli powiększaniá gęstości (*incrementa*) są w stósunku ciśniénm odpowiadających. I tak jeżeli gęstość powietrza przyrodzona jest A, gęstość

zaś

zaś powietrza ściśnionego przy powierzchni ziemi  $m$ ; gdzie ciężkość wskazuje stopni  $B$ , gęstość zaś powietrza ściśnionego nie już przy powierzchni ziemi ale w wysokości  $x$  nad tą powierzchnią będącego jest  $n$ , gdy ciężkość wskazuje stopni  $b$ ; będą się miały powiększania gęstości  $m - A$ ,  $n - A$ , iak ich ściśnięnia czyli  $B: b$ , wtedy kiedy powietrze jest wszędzie równo ciepłe, i równo czyste. Zatem

$$n = \frac{mb - Ab + AB}{B} \quad \text{W ostatniy kra-}$$

inie powietrzkregu jest  $b = 0$  więc tamże  $n = A$ . Aże gęstość przyrodzona powietrza  $A$  jest nieskończenie małą względem gęstości powietrza będącego przy powierzchni ziemi, albo w nie wielkiy od niy odległości  $x$ ; można więc iey nie rachować bez znacznego uchybienia: a tak będzie  $m:n = B:b$ . Co przekonawa nas, że zrównanie nasze  $z = 10000$ .

$1\frac{3}{4}$  ma tylko mieysce w dolney krainie a nie gorney powietrzkregu: w gorney bowiem częsci gęstości powietrza znacznie odchodzą od stosunku ciśnień, i daleko mniej tam się powietrze rozciąga w porównaniu zmniejszonego ciśnienia, aniżeli w powietrzkregu dolnym.

### §. XXXII.

Jak daleko się powietrzkrag rozciąga, dokładnie oznaczyc nie podobna.  
Prze-

Przeciąg trwałości mroku i świtu, które są skutkiem łamania się promieni światła słonecznego w powietrzokręgu okazuje blisko 4. mile jego wysokości. Ale wysokość ta, nie może się brać za wysokość prawdziwą powietrzokręgu, chyba raczej za wysokość téj części jego, w której łamanie się promieni światła jest znaczniejsze. Jakże oznaczymy resztę wysokości powietrzokręgu? Doświadczenia przekonały, że za pomocą najlepszych wiatrociągów powietrze pod obietnią nigdy tysiąc razy rzadszém stać się nie może od powietrza zewnętrznego, ale tylko blisko 500. lub 600. razy. Rzecz zaś jest dowodliwą, że przyrodzoną gęstość powietrza, nie może byćż mnieyszą od gęstości powietrza iak nąbardziéy rozrzedzonego. Przypuściwszy więc, iż gęstość przyrodzoną powietrza jest 1500. razy mnieyszą od gęstości powietrza nas otaczającego i że to ubywanie gęstości idąc od nąjniższéy aż do ostatniéy warstwy powietrzokręgu, dzieie się podług iednostajnego prawa, w ostatniéy krainie powietrzokręgu, gdzie powietrze jest razy 1500. rzadszém od powietrza dółk-

powietrzokręgu.

go, będzie wysokość ciężkomiérza  $\frac{348'''}{1500}$ ,  
gdyż przy powierzchni morza jest 348.<sup>'''</sup>  
Przeto w tym razie będzie  $z = 10000$   
1348



$1. \frac{348}{1} (25) = 10000. 1, 1500$ , to jest wy-

sokość powietrzokręgu wypada prawie = 9 mil, z którychby każda zanękała w sobie 3600 sążni paryz. Chociażby gęstość powietrzokręgu górnego była większa razy 5000. od gęstości powietrzokręgu dolnego, z tém wszystkiém zrównań nasze, nie dałoby nam większey wysokości powietrzokręgu, iak około 10. mil. A że wiemy (31.) iż powietrze blisko nas się rozciąga w górnę części powietrzokręgu, iak w dolnę, przeto słusznie możemy powiedzieć, iż podług wszelkiego doświadczenia podobieństwa, wysokość powietrzokręgu, nie może dalej zachodzić, iak do 8. blisko mil.

## §. XXXIII.

Bania  
Montgol-  
fiera.

Jeżeli ciała gatunkowo lżeysze od powietrza nas otaczającego wznoszą się do góry, łatwo się domyślić można, że i kula, iakąkolwiek wewnątrz wydrążoną, a płyném gatunkowo lżeyszym od powietrza pospolitego napelnioną, wznosić się będzie do góry. chociażby była z ciała przycięższego wyrobiona, gdy dosyć jest cienką i znaczney wielkości. Nikt znie o tym skutku nie powatpiewał: ale wynaleźnienie plynu gatunkowo lżeyszego od powietrza, równie zaś iak one sprężystego, to jest takiego, któryby wypełniać kulę nie dopuszczał ię się spłaszcząć, za-

wsze

wsze było rzeczą trudną. Pierwszy JP. *Montgolfier* we Francyi w Roku 1783, uiscił myśl takową, potrafiwszy puścić banię znaczney wielkości, która przez samo popychanie powietrzokręgu do znaczney się wysokości wyniosła. Bania ta była płócienna, papierem wewnątrz wykleioną, szwy czyli spoięnia ięy powrózkami przeplatanemi wzmocnione były. Obwód bani był prawie = 100. stóp, a bryłowatość ięy koło 22000 stóp sześciennych; od dołu miała otwór kwadratowy, którego boki a bardzię listwy drewniane, iakoby za podstawę tęy bani służące, miały długości po 16 stóp, w środku tegoż otworu wisiała faierka żelazna na łańcużkach, na której przez dorzucanie słomy wraz z wełną siekanęcy ciągle się ogień utrzymywał, gdyż oby dwa te ciała, mając w sobie podostatek materyi palnēy, płomieniem goreią nąymnię dymią. Tym więc sposobem powietrze w kuli będąc, nie tylko się rozrzedzało, ale też plyn dobywający się ze słomy i wełny goreiącēy, gatunkowo lżeyszy od powietrza, wypędział go z nięy samiego zajmując miejsce. Plyn tén był lżeyszy od powietrza otaczającego prawie połową, lubo zarówno z niēm był sprężysty; ważył zaś funtów 990. Aże sama kula przez się ważyła funtów 500, ieżeli więc 22000 stóp sześciennych powietrza

U                      waży

ważą około tysiąc dziewięćset dwadzieścia pięć funtów, uważając powietrze jako lżeysze od wody 800 razy, kula owa musiała zaczynać się podnosić do góry siłą blisko 435. funtów.

## §. XXXIV.

Inna bańka  
powietrz-  
na.

Wynalazek ten JP. *Montgolfiera* dał pochoy do innego sposobu robięcia kuli powietrznej w Paryżu w tymże roku. Znano bowiem już na ten czas szczególny gatunek powietrza z rozmaitych ciał, a mianowicie z żelaza przez kwas kopersowy rozpuszczonego dobywający się, nie równie lżeyszy od powietrza pospolitego, to jest powietrze palne, tak nazwane od własności łatwego zapalania się, gdy jest zmieszane z powietrzem pospolitem: takowym więc płynem starano się banie napęcznieć. Ze zaś powietrze palne składa się z cząstek drobnionych, łatwo inne ciała przenika lub trawi, przeto rzeczona kula była z materji iedwabnej, wewnątrz należycie nawiedziona kłyiem zwanym gumą sprężystą, część ięj dolną zamiast otworu miała rurkę z czopkiem ruchomym, którego można było powietrze wewnętrzne wypędzić przez samo ięj ciśnienie czyli spłaszczenie, zabronić zaś wejścia powietrza zewnętrznemu przez zakręcenie kółka. Była jeszcze do tego beczka, do której przez otwór poboczny opilkę żelazną czystą, i kwas kopersowy także

także czysty, należyście wodą roztworzoną wpływać, po czém tenże otwór zamykać się, a rurka tuż obok niego będąca, śluzczyła się z otworem rurkowym kuli. Powietrze palne wielkiej obfitości z beczki do kuli przechodząc, wydymało ją i napełniało, a robiło lżeyszą od powietrza otaczającego, tak dalece, iż kula kółkiem zamknięta do znacznej wysokości się wyniosła. Rozmaite potem kule powietrzne tego i tamtego gatunku, różne co do kształtu i wielkości robiono i puszczano, za pomocą których ludzie nawet na łódkach pod niemi wiszących, do znacznej wysokości wynosili się.

## R O Z D Z I Á Ł II.

### *o ruchu płynów w ogólności*

#### §. I.

Wystawmy sobie naczynie jakie ACDB, napełnione wodą lub innym jakimkolwiek płynem aż do powierzchni poziomej AB, mając na dnie otwór pionowy EFHG, walcowy lub graniasty, nieskończenie mały, przez któryby woda własnym ciężarem wytryskiując, najmniejszego nie doznawała tarcia, lub innej jakiej przyszkody, a statecznie zachowywała kierunek EG, i tenże otwór należyście wypełniała. Co gdy tak jest, podstawa

Prędkość wody wypływającej z naczynia przez otwór nieskończenie mały.

Fig. 30.

rzeczonego otworu EF, wytrzymywał będzie parcie słupa wodnego EF, FI; że zaś przez otwór nieskończenie mały nie może uysć w danym czasie z naczynia, tylko ilość wody nieskończenie mała, przeto wysokość tego słupa, zawsze bydź musi iednaka, a tćm samćm i siła cisnąca na EF, czyli ciężar słupa EF, FI, będzie siłą iednostayną. Kropla zaś EGHF, wytryska z otworu w przeciagu czasu najmniejszego t. i przy końcu tegoż czasu, taką ma prędkość C, z jaką woda płynie przez otwór GH; o czćm, aby się przekonąć, przypuścmy, że naczynie AD iest próżne, i że sama tylko kropla LGHM. własnym ciężarćm wypada przez GH, w tymże czasie t, a przeto że MH iest wysokością wolnego spadku należąca do czasu t; a będzie w tym razie siła ciśnienia, czyli ciężar kropli rzeczoney EFMH, siłą iednostayną, z którćy w czasie t, rodzi się prędkość c. Aże siły iednostaynie działające są w stćsunku biegów ich w równym czasie sprawiołych (XII. Roz. I. §. 12.) biegi zaś podstępne są w stćsunku mnogości powstających z mićższosci i prędkosci (XIę. I. Roz. II. §. 8.) będzie się więc mieć ciężar słupa EFI. do ciężaru kropli GM. czyli EF. FI: EF. MH. iak C. EF. FH: c. EF. MH, albo zniósłszy spólne mnożniki FI: MH = C. FH: c. MH. Są zaś biegi przez wysokości FH i MH biegami



gami jednostajnie przyspieszonymi, Xię.) II. Roz. I. §. 11. 12.) byż więc musi

$$C = \frac{2FH}{t}, \text{ toż } c = \frac{2MH}{t} \text{ (Xię. I. Roz.}$$

$$\text{IV. §. 7.) a zatem } C:c = \frac{2FH}{t} : \frac{2MH}{t} =$$

FH: MH. A że było FI: MH = C. FH: c. MH. więc będzie FI: MH = C<sup>2</sup> c<sup>2</sup>. Dajmy teraz, że ciało iakié wolnie spadając przez wysokość FI, nabywa prędkości V, a będziemy mieli V<sup>2</sup>: c<sup>2</sup> = FI: MH, a zatem V<sup>2</sup>: c<sup>2</sup> = C<sup>2</sup> c<sup>2</sup> skąd wypada V = C to iest: płyn wytryska z otworu EH prędkością odpowiadającą wysokości wolnego spadku FI. I ta to iest prędkość, którą wszystka woda z naczynia wypływać będzie, gdy i wysokość FI i ciśnienie na EF nie odmięnia się.

## §. II.

Przypuściwszy, że kanałem AH iakiégokolwiek kształtu płynie woda tak, iż ile iéy uchodzi z jednéy, tyle przybywa z drugiéy strony, i że w każdym z osobna przecinku AB i GH prędkości cząstek płynu będąc równémi, mają kierunki prostopadłe do tychże przecinków; szukamy iakié będą prędkości przecinków AB, GH? Dajmy tedy, iż w czasie jakim najmniejszym t przechodzi przecinek AB, na EF, i GH na LM, weźmyż tenże czas za nieskończenie prawie mały, to iest taki, w którym:

Prędkość wody różna iest w różnych przecinkach (Sectio) danego naczynia.

Fig. 89.

w którymby znaczna odmiana biegu stać się nie mogła, a tém samém kierunki i prędkość cząstek wodnych tak w przecinku AB i EF; iako też w GH i LM były też same. Co skoro tak iest, biegi z AB, na EF i z GH na LM bydz muszą iednostajne, przecinki zaś same AB i EF, GH i LM, między sobą równoległe. A że w biegach iednostajnych prędkości są w stósunku mieysc w jednymże czasie przebytych, prędkość więc c iakiękolwiek cząstki przecinka AB, mieć się będzie do prędkości C iakiękolwiek przecinka cząstki GH, iak się mają odległości AE: GL lub BF: HM w jednymże czasie najmniejszym t, biegami iednostajnymi przebyte. Ażesmy przypuścili, że ile płynu uchodzi z przestworu (spatium) ze strony GH, tyle go w równym czasie przybywa z przeciwny strony EF, bydz więc musi graniastostup GHGL równy graniastostupowi ABAB. a stąd  $AB:GH = GL:AE = C:c$ , to iest prędkość C przecinka GH ma się do prędkości c, przecinka AB, iak przecinek AB do przecinka GH. Skąd się wnosi ogólnie, że prędkości wody w różnych przecinkach naczynia są w stósunku odwrotnym tychże przecinków.

## §. III.

Oznaczywszy prędkość wody wy-  
Prędkość tryskuiaręcy z naczynia przez otwór nie-  
wody wy- skończenie mały, oszacuymy prędkość iędy  
wytry-

## O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 311

wytryskania przez otwór, który ma znaczną iakąkolwiek obszerność, iakim iest n. p. otwór poziomy CD na dnie naczynia iakiégokolwiek kształtu HB, przez który to otwór woda własnym ciężarém wyciekać może. Wyciekanie to dziać się nie może bez opadania powierzchni wody poziomej AB pewną iakąs prędkością: dajmy tedy, że każda cząstka rzeczonyj powierzchni opada pionowo, prędkością pływają-  
cę z na-  
czyniá sta-  
le pełnégo  
przez o-  
twór pe-  
wny wiel-  
kości. Fig. 90. zawsze iednaką, i że tąż prędkością odpowiadającą wysokości AG, tylé wody ustawnie przybywá, ilé iéy potrzeba do utrzymania się przy iednakiéy wysokości w naczyniu pod czas odchodu. Co łatwo bydz może wyobrazwszy sobie nad AB, naczynié EF. niezmiernéy obszerności, napełnione wodą do wysokości AG, z którégoby rzeczona ilość wody nieprzerwanie przybywá do AB: w tym bowiem razie AB, brać się może za otwór nieskończenie mały naczyniá EF, nieskończenie wielkiego, a tak prędkość wody przechodzącę przez AB, odpowiadać będzie wysokości AG. (§. 1.); na iedno więc tu wypáda, czyliby kto nieustannie przyléwając wody do AB, wypełniał nią naczynié, czyli też woda sama przez się nieustannie wpływała z naczyniá EF. w obydwóch razach ruch przecinka AB naczyniá stale pełnégo, zawsze iest iednaki. Aże podług założenia, tylé wody weho-  
dzi

dzi, do naczynia BH przez otwór AB, ile ię uchodzi w równym czasie przez otwór CD, zaczęm biegi przecinków AB i CD są iednakić, a przeto prędkość C, którą każda cząstka przecinka CD pionowo bieży, mieć się będzie do prędkości c każdej cząstki przecinka AB w takimże kierunku bieżący, iak się mają odwrotnie też odcinki to iest: iak  $AB:CD$ , (§. 2.) albo przypuściwszy, że te przecinki są figurami podobnemi, i że AB i CD są ich średnicami lub wymiarami odpowiediającemi sobie (dimensiones homologae) będzie  $C:c = AB^2:CD^2$ . Że zaś iężeli AB można było brać za otwór nieskończeni mały naczynia EF, tém bardzię, że za takiż otwór naczynia EF brać można CD, prędkość więc C, odpowiadać będzie wysokości GH. (§. 1.) prędkość zaś c do wysokości  $AG = HG - AH$ , a zatem  $C:c = \sqrt{HG}:\sqrt{HG - AH}$  czyli  $C^2:c^2 = HG:HG - AH = AB^4:CD^4$ ; Skąd  $HG \cdot CD^4 = HG \cdot AB^4 - AH \cdot AB^4$  a przeto  $GH = \frac{AH \cdot AB^4}{AB^4 - CD^4}$

Zrównanie to daie szukaną wartość wysokości, której odpowiada prędkość wody wypływający z naczynia stale pełnego przez otwór pewney wielkości, a przeto oznaczą tęż prędkość. Ażeby zaś ten wyraz prędkości wystawić w wzórze, ogólniejszym, i położmy wysokość

## O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 313

sokość  $GH = b$ , średnicę otworu,  $CD = d$ , wysokość wody w naczyniu  $AH = a$ , średnicę górnej powierzchni wody  $AB = f$ ; a tak zrównanie powyższe, zamieni się

na  $b = \frac{af^4}{f^4 - d^4}$ , gdzie pomnieć należy na

warunki, z których takowe prawo ruchu jest wyciągnięte, a zatem w których okolicznościach może i powinno mieć miejsce.

### §. IV.

Zastanowiwszy się uwagą nad zrównaniem  $b = \frac{af^4}{f^4 - d^4}$  wyrażającym prawo

biegu, przez otwór daney wielkości z naczynia stałe pełnego, następujące wypadała wnioski: 1<sup>a</sup> w zrównanie to, nie wchodzi kształt naczynia, lecz tylko wchodzi ilości  $f, a, d$ ; przeto prędkość rzeczonoego biegu byniymnię nie zawisła od kształtu naczynia, lecz tylko od obszerności zwierzchniego przecinka wody w naczyniu ięy wysokości i obszerności otworu przez który wyciekła, 2<sup>a</sup> ponieważ wysokość  $b$ , wyraża się przez ilości stałe  $f, a, d$ , musi być nieodmienną, a zatem takż byż musi i prędkość onęy odpowiadająca ( $m$ ). 3<sup>a</sup> Położywszy  $d = \frac{1}{10} f$ , a przeto  $d^4 = \frac{1}{10000} f^4$ , bez znacznego uchybienia

Woda wyciekła z naczynia stałe pełnego prawie zawsze prędkością odpowiadającą ięy wysokości w témże naczyniu.

brać



brać można  $f^2 d^4 = f^2$  w tym zaś razie  
 zrównanie  $b = \frac{af^2}{f^2 d^4}$  zamieni się na

$b = a$ , to jest: wytryska woda z naczynia  
 stałe pełnego, prawie zawsze prędkością  
 swoją odpowiadającą wysokości tcy w na-  
 czyniu, gdy otwór nie jest zbyt obszerny  
 n. p. nie większy iak średnicy  $= \frac{1}{4} f$ , 4<sup>o</sup>  
 wzięwszy zaś  $d = f$ , wypada  $b = \frac{af^4}{0}$ ;

to jest w tym razie prędkość biegu, jest  
 nieskończenie wielka. Jakoż przez na-  
 czynię z obydwu końców otwarte, samo-  
 wolnie spada woda, tak iakby ciało stałe,  
 i bezustannie przyspieszać powinna bieg  
 swój.

### §. V.

Zyla wo-  
 dy zwarta  
 (vena con-  
 tracta  
 aquae)

Fig. 91.

Do płynu przezroczystego wysypawszy  
 proszek mialki, postrzeżemy, że ten płyn  
 wyciekając z naczynia AC, stałe pełnego  
 przez otwór EF, wchodzi weń pionowo  
 przy osi GH, w jnych zaś miejscach tém  
 ukośnięty, im bardzięty jest oddalony od  
 tcyże osi, tak dalece, iż na dnie naczynia  
 bierze kierunek poziomy, kierunki zaś  
 średnic IH, LH, odpowiadając dwóm  
 połowicom HF, HE, przecinka EF, równo  
 są oddalone od osi i dna naczynia, bo  
 czynią kąty GHI, i GHL równe, z któ-  
 rych każdy wynosi 45<sup>o</sup>. Biegi więc równe  
 wyrażając się przez linie HI, HL, ro-  
 zebrać

## O RUCHU PŁYNÓW w OGÓLNOŚCI 317

zebrać się mogą na biegi IG, GH, i GL, GH; z których dwa IG, GL, są poziome i wprost przeciwległe sobie, a zatem iako równe, wzajemnie się ieden przez drugi znosi znosząc się zaś ścisłą strumiem (vena) wytryskujący. Musi więc być w tym strumieniu jakiś miysc n. p. N. gdzie rzeczone biegi wcale nie mają miysca, i tylko same biegi cząstkowe GH, GH, czyli bieg całkowity GH pionowy znajduje się, i tym tylko biegiem cały przecinek poziomy MN, odchodzi; przecinek takowy, nazywa się przecinkiem żyły zwartéy (sectio venae contractae) odległość jego FN od otworu (iako doświadczénie) prawie zawsze równa się połowie średnicy tegoż otworu, to jest prawie  $FN = FH$ ; sam zaś strumień przebywszy przecinek MN, bierze kształt walca lub graniastosłupa, zwłaszcza gdy działanie ciężkości, lub opór powietrza mniej ku temu przeszkadza. Cały więc przecinek EF uchodzi w kierunku HO prędkością GH; uchodziłby zaś prędkością  $C = IH = LH$ , która ma się do GH, iako  $\sqrt{2} : 1$ , gdyby wszystkie cząstki płynu w EF bieg tylko miały pionowy, i prędkość odpowiadającą wysokości PH (§. 4.) tak iako w rzeczy samej w przecinku żyły zwartéy MN w tymże kierunku wszystkie cząstki płynu uchodzą prędkością odpowiadającą wysokości PO. Gdy tedy

otwór

otwór EF jest arcy szczupły. a tóć samém i wysokość PO, prawie równą wysokości PH, mieć się będzie przecinek żyły zwartéy MN do otworu EF prawie iak  $1 : \sqrt{2} = 1 : 1,41$ . Co właśnie Newton odkrył przez doświadczenie: są bowiem prędkości przecinków (§. 2.) w stósunku odwrotnym tychże przecinków, kiedy zaś otwór EF będzie miał pewną obszerność n. p. średnicy jednocalowéy lub większéy, natén czas płyn między H i O, znacznie się przyspiesza, a tak i stósunek przecinków MN i EF nieco się powiększa.

## §. VI.

Prawdę w § poprzedzającym z rozumowania wydobyta stwierdzić ieszcze można doświadczeniami. Wziąwszy naczynie CB, napełnione wodą aż do CE, mając otwór poboczny ciasny przy punkcie F (który to punkt bierze się za punkt średni przecinka żyły zwartéy) linią EF

Doświadczenia  
okazujące  
prędkość  
strumienia,  
wytrysku-  
jącego  
przez ot-  
wór naczynia  
stałe  
pełnego.

Fig. 92.

(m) Wniosek ten zgodny jest z przypuszczeniem § poprzedzającego, gdzie powiedzieliśmy, że bieg górnej powierzchni wody i otworu są iednakié, owszém jest on wypadkiem tegoż przypuszczenia. Wszakże oderwawszy uwagę choć na moment od tegoż przypuszczenia, przyznać musimy, że prędkość b podług wszelkiéy ścisłości bydz ilością stateczną, nie może. Potrzeba bowiem pewnéy chwili czasu, aby ruch iaz sprawiony w otworze naczynia, udzielo-

## O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 317

FF pionową, łączącą téż punkt z powierzchni górną wody, będzie wysokością odpowiadającą prędkości wody w przecinku téżże żyły zwartéj. Dámy bowiem, że naczynie CB, z którego tylé przybywa, ilé ubywa wody, czyli stałe pełné, stoi na tablicy pozioméj AD, i że żyła wody poziomie wytryskująca będąc bardzo cienką spada na pewny iey punkt A; wyznierzysz więc odległość tego punktu od pionowéj FB, iako téż i samą pionową FB, oznaczyć można będzie prędkość c przecinka żyły zwartéj. Tén bowiem przecinek dla zbytniey cienkości strumienia przypada w samym boku naczynia: bieg zaś strumienia jest dwoisty, ieden jednostajny i poziomy prędkości c, którym on przebiegłby miejsce FH=BA w czasie t, drugi pionowy, którym samowolnie spadłby przez FB=HA w tymże czasie, t. (Kłg. I. Róż. VI. §. 7.) będzie więc  $c = \frac{BA}{t}$ . Niech g wyraża wy-

kość,

---

lit się dalszym i wyższym częściom wody, a zatem inшы byđ musi biegu na samym początku, a inшы na potém. Że zaś doświadczeni nauczają, że różnica ta czasów jest nadto mała, tak dalece, że spodnią i górną powierzchnią wody w jedynymże prawie momencie, iedną prędkością odchodzić poczynają: przeto téż w podobném zdarzeniu, taż różnica czasów zanieszaną byđ może.

kość, przez którą ciało samowólnie spada w czasie  $t$ , będzie  $g:FB = 1:t^2$ , zatem

$$t^2 = \frac{FB}{g} \text{ i } c^2 = \frac{BA^2}{FB} g. \text{ Oprócz tego nie-}$$

chay a wyraża wysokość odpowiadającą prędkości  $c$ , będziemy mieli  $g:a = 4g^2$

$$c^2, \text{ skąd } 4ga = c^2 = \frac{BA^2}{FB} g \text{ toż } a = \frac{BA^2}{4FB}.$$

To ostatnie zrównanie odkrywając to, czegośmy szukali, bylebyśmy tylko oznaczyli ilości  $AB$ ,  $FB$ , które iak wiemy, łatwe oznaczone być mogą przez rozmiar doświadczenie nawet przekonało, że kiedy otwór  $F$ , jest wydrążony w blaszce iak najcieńszej, i kiedy  $FE = 18'' = FB$ . na ten czas prawie jest  $BA = 35,5''$ ; zaś

$$a = \left( \frac{35,5}{4} \right)^2 = 17,5''. \text{ Co dowodzi,}$$

że prędkość przecinka żyły zwartéj odpowiada wysokości wody w naczyniu nad tymże przecinkiem. Wszakże wysokość ta mniejsza nieco okazywać się zwykła w doświadczeniach z przyczyny tarcia i oporu powietrza. Używszy zaś zamiast blaszki cienkiej przedziurawionéj w  $F$ , krótkiey rurki walcowéj, rozlicznemi doświadczeniami przekonać się można, że ogólnie przy iednakich okolicznościach rzeczoną wysokość prędkości choćby naj-  
więk-



większą, jest prawie  $= \frac{7}{10}$  FE, to jest daleko, mniejszą od téj wysokości, którą bywa w otworze blaszki, cienkiej, a którą nader się zbliża do wysokości EF, zaczęła wielką zachodzi różnica między odchodem płynów przez otwór blaszki, i między ich odchodem przez rurkę.

## §. VII.

Usiłujemy teraz ustanowić stosunek między przecinkiem żyły zwartéj a otworem blaszki; a, naprzód rozróżniemy to, co się nazywać zwykło odchodem w naczyniu wody rzeczywistym, a odchodem stosunkowym; który choć nie właściwie zwą przyrodzonym. Odchód rzeczywisty, jest to ilość wody, która w danym czasie w saméj rzeczy odchodzi z naczynia: odchód zaś stosunkowy, czyli iak go nazywają naturalny, wyraża ilość wody, któraby w tymże samym czasie co i tamta odeszła z naczynia, przez otwór blaszki cienkiej, gdyby przecinek cyfki, równał się zwierzchniemu otworowi naczynia, oraz gdyby prędkość wody w tymże przecinku, odpowiadała wysokości w naczyniu nad tymże przecinkiem. Położmy więc że powierzchnia zwierzchniego otworu naczynia  $= a^2$ , wysokość zaś wody w témże naczyniu nad przecinkiem żyły zwartéj  $= a$ , będzie odchód stosunkowy

jedeny

Odchód  
wody rzeczywisty  
przyrodzony  
(dispendium  
ve-  
rum & natu-  
rale).

iednćy sekundy  $= 2b^2\sqrt{g}$ a, gdzie  $g$  wyr-  
 ża wysokość samowolnego spadku ciała  
 w przeciagu sekundy (Xię. I. R. III. §. 2.)  
 To mając nazwiemy  $x^2$  powierzchnią,  
 przecinka żyły zwartćy, i razem przy-  
 puścmy, że prędkość tego przecinka od-  
 powiada wysokości  $a$ : w takowym razie  
 $2x^2\sqrt{g}$ a, będzie odchodem wody rzeczy-  
 wistym. Zaczćm, ma się odchód stósun-  
 kowy mogący się oznaczyć przez rachu-  
 nek, do odchodu rzeczywistćgo odkryć się  
 mogącćgo przez doświadczenie, iak się  
 ma  $b^2$ :  $x^2$  to iest, iak zwierzchni otwór  
 naczynia do przecinka żyły zwartćy.  
 Wszakże stósunek ten odchodów wody  
 pomićnionych bywa częstokroć większy  
 od stósunku dopiéro rzeczonćgo, a to dla  
 tego, że prędkość wody w przecinku żyły  
 zwartćy niećo mniejsza bywa od tćy, która  
 wysokości  $a$  odpowiada; co iest skutkiem  
 tarcia i oporu powietrza. A że doświad-  
 czenia nauczaią, że stósunek odchodów,  
 przy równych okolicznościach, wzrasta  
 za powiększeniem się wysokości wody  
 w naczyniu; wnićć więc należy, że tar-  
 cić wody powiększa się z powiększaiącą  
 się prędkością. Przydać tu potrzeba i to,  
 że przy iednakich wysokościach wody  
 w naczyniu, tćm większe iest tarcie, im  
 większa iest powierzchnia tarcia podłę-  
 gaiąca; czego doświadczyć można na  
 otworach równćy powierzchni, lecz nie  
 iedna

Iednakięć Figury n. p. kulistych, i kwadratowych. Przy-równych bowiem okoliżnościach w jednymże czasie, więććy odchodzi wody przez tamten iak przez ten (\*).

### §. VIII.

Wielokrotnęć, przekonany doświadczenięć, że kiedy wysokość wody w naczyniu Iednakowo zawsze nią napelnionęć nie przechodzi 10. lub 20. stóp, średnica zaś otworu blaszki cienkięć, nie jest więććszą iak na iednę lub dwa cale; na tén czas iakokolwiek woda wytryska, poziomo lub pionowo, ma się odchód rzeczywisty do odchodu przyrodzonęć prawie iak  $\frac{5}{8}$  (Boscut Hydrodynamica II. p. 20.) to jest odchód rzeczywisty  $= \frac{5}{8}$  odchodu przyrodzonęć: czyli odchód rzeczywisty iednęć sekundy nazwawszy m, odchód zaś przyrodzony p, będzie  $m = \frac{5}{8} p$ . A że odchód przyrodzony iednęć sekundy znaleźliśmy  $= 2b^2 \sqrt{ga}$ , więc  $m = \frac{5}{8} 2b^2 \sqrt{ga} = \frac{5}{4} b^2 \sqrt{ga}$ . Zrownanięć to daie wartość odchodu rzeczywistęć iednęć sekundy w funkcy odchodu przyrodzonęć: mająć więc dana stałą wysokość wody w naczyniu iakięć i wielkość iego otworu, łatwo

W

będzie

Stósunek zachodzący między odchodem wody rzeczywistym i stósunekowym

(\*) Obwód koła zawsze jest mniejszy od obwodu kwadratu lub innęć iakięćkolwiek Figury prostokreślnej równęć ięćma co do powierzchni

będzie można oznaczyć ilość wody, któraby w pewnym czasie n. p. w 1' odęysdz mogła, to jest wyznaczyć odchód ięj rzeczywisty, szukając piérwéj odchodu przyrodzonego, a tén potém mnożąc przez  $\frac{5}{8}$ . I tak niech będzie średnica otworu kolistego, w blaszce wywierconego  $= \frac{1}{2}'' = 0,5''$ ; powierzchnia iego będzie  $= 0,196'' = b^2$ . Niech wysokość wody w naczyniu czyli a, należaca do prędkosci c,  $= 2\sqrt{ga}$ , będzie  $= 9$  stóp, będzie też  $c = 2\sqrt{9g} = 6\sqrt{g} = 6\sqrt{15}$  stóp  $= 23,32$  stóp  $= 279,8''$  przeto odchód przyrodzony iednéj sekundy czyli p.  $= 2b^2\sqrt{ga}$  będzie  $= 0,196 \cdot 279,8 = 54,8''$ ; iednéj zaś minuty  $= 3290''$ . Zatem m  $= \frac{5}{8} 3290'' = 2056$  calów sześciennych, to jest wartość szukana odchodu istnégo na iedną minutę. Ale w rzeczy saméj w tymże czasie odeszło z naczynia wody tylko 2018, calów sześciennych Bofsut II. §. 28, co pokazuje, iak się zbliża rachunek do istotnéj prawdy.

## §. IX.

Odchód  
wody  
przez otwory, oboczne.

Fig. 93

Ponieważ woda z naczynia stale pełnego wytryskuje prawie zawsze prędkością odpowiadającą wysokości nad otworem, przeto gdy ténże otwór będąc pobocznym mieć będzie położenie pionowe lub ukośné, na ten czas woda odchodząc przezeń nie będzie mogła mieć iednakięj prędkosci w ka-

# O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 323

w każdym jego miejscu, ale cząstki niższe prędkiej, wyższe powolniej odchodzić będą: w tym więc razie będzie średnia jakaś prędkość, do której się odnosi odchód wody przyrodzonej, to jest potrzeba będzie mnożyć średnią jakąś prędkość przez powierzchnię otworu, aby oznaczyć rzeczony odchód. I tak przypuściwszy że AB, wyraża otwór pionowy, i że AC = CB, oraz że woda aż do A tylko wypełnia naczynie, będzie się mieć prędkość odchodzącej wody przez B do tej prędkości odchodzącej przez C jak  $\sqrt{AB} : \sqrt{AC} = \sqrt{2} : 1 = 1,41 : 1$ . A że przy samym powierzchni wody czyli w A, nie masz żadnej prędkości, czyli, że ta = 0, na spodzie zaś, to jest przy B, jest ona = 1, 41, przeto średnia prędkość należąca do punktu C, będzie = 0, 7. Lecz punkt średni C, ma prędkość = 1, zatem większą aniżeli średnia. Toż zdarzenie ma miejsce, gdy otwór poboczny naczynia jest kolisty, cząstki bowiem płynu szrodkiem jego odchodząc, odchodzą nieco prędzej jak średnia prędkością, jednakże im wyżej naczynie wodą jest napelnione, nad otworem, albo im mniejszy sam otwór, tém mniejszą zachodzi różnica między prędkościami cząstek płynu wyższych i niższych, a tém samą prędkość szrodka otworu, tém bardziej zbliża się do prędkości średniej, owszém do

Wzrost świad.



świadczenia przekonują, że choćby też otwór naczynia był dosyć obszerny, i wysokość wody nader mała, bez znacznego uchybienia brać można wysokość wody nad środkiem otworu za wysokość należącą do prędkości średniej, przez którą oznacza się odchód przyrodzony.

## §. X.

Umiejąc już, iakokolwiek oszacować ilość wody odchodzącej z naczynia stale pełnego przez otwór w blaszce cienkiej wywierconej, można będzie oznaczyć odchód ię przez rurkę krótką n. p. GF. walcową, naczynia AI stale wodą napelnionego. Idąc zaś od łatwiejszych do rzeczy trudniejszych, przypuścmy, że długość tej rurki, równa się połowie ię szerokości, albo przynajmniej mało co się od nię różni. W tym razie strumień wytryskujący, żadnego nie poniesie zwarcia czyli ściśnięcia, tak dalece, że każda cząstka płynu przechodzić będzie przez przecinek EF w jednymże kierunku GE. Podczas takowego odchodu uderzywszy młotkiem lub czem podobnem rurkę, wo-

Fig. 94.

da od nię odskakuje i prędzēy odchodzi poczyną z naczynia AI, to jest: tylē ię odchodzi w danym czasie, ilēby odeszło przez otwór blaszki równy  $GH = EF$ : co dowodzi, że bieg wody w rurce opoznia się przez wzajemne ciąż przyciąganie się. Jeżeli AB wyraża powierzchnią wody

## O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 325

dy przeciągnięoną aż do C, linia zaś CD wyraża wysokość tęże wody po nad osia rurki, a przecinek EF, przecinek żyły zwartej, będzie prędkość tego przecinka należuć do wysokości CD (§. 9.) prędkość zaś przecinka GH, dla pochyłości kierunków cząstek wodnych w tymże przecinku będzie na ten czas  $= c \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,71. c. (§. 5.)$ . A że podług doświadczeń z przyczyny wzajemnego ciążenia się przy obydwoch przecinkach EF i GH równą prędkością odchodzi woda, musi więc przecinek EF opóźniać się w biegu przecinkiem GH, ten zaś wzajemnie przyspiesza się tamtym, a tak obydwa średnią biegą prędkością, która w tym razie jest  $= c \frac{1+0,71}{2} = 0,85c$ .

A że wysokości są w stosunku kwadratów prędkości im odpowiadających, będzie się więc mieć  $c^2(0,85)^2$   $c^2$  lub 1: 0,72 iak się ma CD do wysokości b, należący do prędkości 0,85c, którą to prędkością żyła wytryskuje z rurki. Jest więc wysokość  $b = 0,72. CD$ , właśnie taka okazuje się w doświadczeniach (§. 6.). Z czego wnieść należy, że gdy nie idzie o wielość wody wytryskującej, lecz tylko o iak najwyższą wysokość wytryskania n. p. iak w fontanach i innych narzędziach podobnych, potrzeba użyć otworu blaszki cienkiej a nie zaś rurki.

Prędk.

Prędkość bowiem wody w przecinku żyły zwartéj przy równych okolicznościach zawsze jest większą, od prędkości w otworze rurki.

## §. XI.

Chociaż rurki osłabiają prędkość wody; z tém wszystkiém odchód iéj rzeczywisty przez rurkę krótką *Fig. 94.* zawsze jest większy przy równych okolicznościach, od odchodu rzeczywistego przez otwór blaszki: żyła bowiem wyszedłszy z rurki niemięśnego nie ponosi więcej ściśnięcia, a zatem ukaże się sekundę odchodzi przez nią ilość wody  $= 0,85 \text{ cd}^2$ , gdzie  $d^2$  wyraża powierzchnię otworu EF. Gdybyśmy zaś na to miejsce użyli otworu blaszki równego co do powierzchni otworowi rurki, ilość wody przez każdą 1" odchodziła, byłaby  $= 0,625 \text{ cd}^2$ ; (§. 8.) przeto jeżeli odchód przyrodzony jest  $= 8 \text{ cd}^2$ , tedy odchód rzeczywisty przez otwór blaszki jest  $= 5 \text{ cd}^2$  odchód zaś przez rurkę krótką  $= 6,8 \text{ d}^2$ ; wszakże ten ostatni odchód mniejszym się pokazuje w doświadczeniach, to jest prawie tylko  $= 6,5 \text{ cd}^2$  a to z przyczyny tarcia i oporu powietrza. Zaczém w ogólności odchód przyrodzony i odchód rzeczywisty przez rurkę krótką i przez otwór blaszki cienińcy prawie zawsze (podług doświadczenia) są w stosunku liczb 16, 13, 10. Ale to tylko w tym przy-

przypadku, kiedy długość rurki równa się albo przynajmniej mało co się różni od połowy ię szerokości. Gdyby zaś rurka krótka miała kształt ostrokągu uciętego LEFM, na tén czasby prędkość wody w przecinku EF wraz z odchodem rzeczywistym powiększałaby się, ponieważ w tym razie przecinek EF nie doznawałby takowego opóźnienia biegu swego, jakiego doznaje w rurce walcowej. Największą więc będzie prędkość przecinka EF wtedy, gdy odpowiada całej wysokości CD, a tén samém największy będzie odchód, gdy przecinki LM i FM są w stosunku  $\sqrt{2}:1$ , to jest kiedy rurka ma kształt żyły zwartéy. Gdybyśmy zaś podstawę LM jeszcze bardziej rozprzestrzenili, a niżeli była rozprzestrzenioną wtedy, kiedy prędkość w EF była największą, zmniejszyłby się odchód rzeczywisty, boby żyła zwarła się jeszcze, nimby przyszła do otworu rurki. Podobnieby się stało, gdybyśmy nie tykając podstawy otworu GH, zmniejszyli otwór EF, to jest zmniejszylibyśmy odchód wody powiększając ię prędkość. Wszakże przeistaczając rurkę walcową na ostrokągową, nie można bardziej powiększyć prędkości wytryskującéy wody jak w stosunku 13:16.

## §. XII.

Z naczynia AC woda odchodzącą rurą DE, wytryskuje przez otwór poziomy Fontanny przy

czyli zr6-  
dło białc6.

Fig. 95.

przy E do pewn6j wysokořci EF, któr6  
znacznie jest mniejsz6, od wysokořci EG,  
r6wnaj6c6j si6 wysokořci wody w naczy-  
niu AC, w któr6m lini6 AB wyraż6 po-  
wi6rzn6ni6 t6jż6 wody, lini6 zaś AG jest  
i6y przedl6żeniem. Skutek t6n op6znie-  
nia biegu wody przypisać potrzeba iuż opo-  
rowi powietrza, iuż ci6żeniu g6rnym  
cz6stek słupa wytryskuj6cego, któr6  
wznosząc si6 biegi6m jednolitym opo-  
zniejszym, trac6 zupełnie t6n i6g w punkcie  
F, a zat6m poczyna si6 ci6żyć na cz6stki  
niższe rzeczon6go słupa, gdyż t6n jest  
pionowy EF: co że tak jest, przekony-  
w6 jeszcze i to, iż pospolicie g6rn6 cz6ść  
słupa wytryskuj6cego grubsza byw6 od  
spodni6j, wysokořć zaś i6go nieco si6 po-  
wi6ksza przez nadanie mu kierunku po-  
chył6go. Opr6cz tego grubsze słupy przy  
r6wnych okolicznořciach, wyżej nie ró-  
wnie si6 wznosz6 iak ci6ńsze, a to dla  
mniejszego oporu powietrza w tamtych  
iak w tych, był6by tylko przy E pr6dkořć  
była wielka. Toż samo bowiem tu si6  
dzieie, co si6 dzieie z kulami nie r6wn6j  
wielkořci spadaj6cymi w powietrzu  
(Wst6p X. 23.) przez to jednak rzeczywi-  
sty odch6d wody nie odmi6nia si6; bo gdy  
powietrz6 op6zn6 bieg wody mi6dzy  
punktami E i F, pr6dkořć on6jż6 w sa-  
mym otworze, od któr6j odch6d i6y zale-  
ży, żadn6j od parci6 powietrza nie ponosi  
odmia-



## ORUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 329

odmiany. Żeby zaś woda EF wygórowała do najwyższéj do iakiéj tylko wy-  
miesić się może wysokości, potrzeba ażeby  
otwór przy E był z blaszki bardzo cien-  
kiej pozioméj, pionowo wywierconéj;  
rura zaś DE dosyć obszerna: gdyż jeżeli  
obszerność rury mało co jest większą od  
obszerności otworu E, albo mu się równa,  
woda prędzéj płynie przez rurę, a tém  
samém znacznie się opóźnia tarcie.  
Gdy zaś taż rura chociaż ob- zerna, ma ie-  
dnak otwór przy E szczupły, na ten czas  
uważać ją można jako naczynie stałe wo-  
dą napełnione, przez które zwolna woda  
odchodząc, mało co doznaje tarcia i opo-  
źnienia biegu. Używszy zaś otworu zbyt  
małego, słup wody biec będzie z gwałto-  
wnością, a zatém doznawać musi oporu  
powietrza i opóźniać bieg swój. Z tych  
uwag ten wypada wniosek, że chcąc ażeby  
woda w Fontannach lub innych podobnych  
silniach iak najwyżéj wytryskała, potrzeba  
przygotować sobie wiele blaszek cienkich  
z przewierconémi otworami już większe-  
mi już mniejszemi, i te następnie przy-  
kładać do końca rury E uważając, przez  
którą z nich najwyżéj biec woda.

### §. XIII.

Wziąwszy naczynie iakie z przypra-  
wioną do niego rurą walcową prostą i po- Bieg wody  
ziomie ustawioną, z obu stron otwartą, znacznie  
z blachy żelaznéj wyrobioną, któraby  
-srzed-

się osłabia  
w rurach  
przez tar-  
cie.

średnica wewnętrzna była 16. linii, i toż naczynie stale napełniwszy wodą do wysokości edney stopy po nad os rury, w przeciągu iedney minuty odchodzi z niego wody 6330 calów sześciennych, gdy rurka jest bardzo krótka, n. p. na ieden albo na dwa cale: przez tęż samą rurkę w tymże czasie odchodzi tylko 2778. calów sześciennych wody, gdy iey długość jest na 30. stóp; odchodzi 1957. calów sześciennych, gdy długość iey jest 60. stóp; odchodzi 1587. calów sześciennych, gdy długość iey 90 stóp i 1051 calów sześciennych, gdy 120. stóp; 1178 calów sześciennych, gdy 150. stóp; 1052. calów sześciennych, gdy długość rurki 180. stóp (Bossut); co przekonywá, że tarcie bardzo osłabia bieg wody w rurkach, i owszem tak go zmniejszyć może, że tylko woda kapać a nie wytryskać będzie: co właśnie przydarza się w rurce wzmiankowaney, gdy iey długość = 180 stóp, a wysokość wody w naczyniu ponad spódkiem rurki jest tylko koto 16. linii. Długość więc sama w rurach poziomych przy równych okolicznościach tém bardziéj zmniejsza bieg wody, im jest większa.

#### §. XIV.

Do naczynia iakięgo AB równie zawsze wodą napełnionęgo, przyprawiwszy z боку rurkę walcową lub graniastą prostą i znaczućy długości, mogącą się różnić

# O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 331

nie nachylać, postrzeżemy, że dawszy téj rurce położenie poziome, albo mało co pochyte, mniéj wody odchodzi przez otwór E, w jednymże czasie, aniżeli by odeszło przez rurkę krótszą równie ob- szerną przy C przyprawioną. Im zaś bar- dziej się nachyla rurka rzeczona, tém więcéj w równym czasie odchodzi wody otworém E, tak dalece, iż pod pewnym kątem pochyłości CDB, który nazywam r, tylé przez nią odchodzi wody, iléby odeszło mogło przez rurkę krótszą, a za- tém gdy tén kąt będzie większy, tedy więcéj w tymże czasie odchodzić musi wody iak przez rurkę krótszą. Popro- wadziwszy więc linią poziomą BD, kąt CDB będzie kątem pochyłości rurki CE do poziomu, to iest  $CDB = r$ ; jeżeli zaś cię- żar wody w CE nazwiemy P, woda w niéj własnym ciężarém nagłona, przyspieszać będzie bieg swój siłą  $V = P \cdot \text{wst. } r$  (Xię. II. Roz. I. §. 2. 3.). A że podług przy- puszczenia pod kątem pochyłości r tylé wody odchodzi przez rurkę CE, iléby iéy odeszło w równym czasie przez rurkę krótszą; w tém więc razie bieg wody ani się przyspiesza ani opóźnia długością rur- ki, a zatem tarcie rurki pod kątem r po- chylony  $= V = P \cdot \text{wst. } r$ . Doświad- czenie zaś okazało, że gdy wysokość CF wody w naczyniu po nad osią rurki CE wy- żej, opisanéy czyni calów 10. na tén

małych  
położenie  
pochyte.  
fig. 96.

czas

czas CB teyże rurki uczyni prawie  $= \frac{7}{8}$  CD i w tym razie tylé wody przez otwór E rurki iakokolwiek długiéy odeydzie, ilé iéy odchodzi w równym czasie przez rurkę przy H długą na iedén, lub na dwa tylko cale, to iest że w tych obydwu razach prędkości będą iednakié, czyli odpowiadające wysokości  $\frac{7}{10}$  GH (§. 10.). Gdy więc albo rurka iest grubsza, albo wysokość wody w naczyniu mnieyszą, podniesienie mnieysze CB wystarczy do zniszczenia tarcia wody w rurce: gdyż to zmniejsza się za zmniejszeniem się prędkości i wysokości wody w naczyniu (§. 7.). Prawda, że powiększa się tarcie z powiększającą się obszérnością wewnetrzną rurki, ale to tylko w stósunku powierzchni temuż tarciu podlegającéy, a przeto w mnieyszym stósunku, iak miąższości wody w rurce powiększonéy, czyli siły P. wst. r. Chcąc więc, aby woda rurą prowadzoną ze zrzódła w takiéy obfitości odchodziła, iléby iéy toż zrzódło w tymże czasie wydać mogło przez rurę naykrótszą, potrzeba tak nachylać rurę, ażeby tarcie zrównało się sile P. wst. r.

## §. XV.

Jako ciało twarde spadając po płaszczyznach pod różnemi kątami do siebie  
 Bieg wody w rurach nachylonych, ponosi stratę w swym biegu, krzywych, tak podobnie woda płynąc przez rury załamane, bieg swój opóźniać musi. Im więc

więc kąty załamania są mniejsze, tém też strata biegu mniejszą będzie (Xię. II. Roz. IV. §. 1, 2. 3.) zwłaszcza, gdy rurki ie-  
 dnakowo wszędzie są wydęte. lub zała-  
manych. Naucza  
 samé doświadczenie, iż przy równych  
 nawet okolicznościach, rurki proste  
 mniej osłabiają bieg wody, iak krzywe lub  
 załamane, krzywe zaś lub załamane mniej  
 w położeniu poziomém iak pionowém.  
 A zatem rurki walcowe proste náywy-  
 godniejsze są do sprowadzenia wody, a  
 z pomiędzy zakrzywionych lub załama-  
 nych té lepsze, których załamania lub  
 krzywizny są nie znaczne. Ale w rur-  
 kach takowych i opór powietrza wiele się  
 przyczynia do opóźnienia biegu wody,  
 które zakrada się w górne części załama-  
 ków lub krzywizn rur, a które bądź z sa-  
 méy wody dobywa się, bądź woda wcho-  
 dząc w rurę, oneż tam zastawszy, po-  
 pycha w miejsce wyższe. Oporowi więc  
 powietrza przypisać należy, że woda  
 wszedłszy w rurę długą za ledwo po kil-  
 ku dniach odchodzi poczyną, i to w mniej-  
 szej obfitości iakby należało, a częstokroć  
 zupełnie nie odchodzi. Tym nieprzy-  
 zwoitościom zaradzić zwykły się  
 przewiercać rury w swych górnych za-  
 łomkach, i w nie się wprawiać inne rurki  
 pionowe, które miby powietrze odchodzić  
 mogło, i té potem zatykaia się.



## §. XVI.

Wody pływają-  
cące przez rur-  
kę na ka-  
żdy punkt  
rurki

Wiemy już, że prędkość wody płyną-  
cej przez rurę poziomą walcową ma gra-  
niastą z naczyń, zawsze iednostajnie  
pełnego, tem bardzięj się zmniejsza im  
dłuższa jest rurka. I dlatego przez rurkę  
n. p. żelazną średnicy 16<sup>'''</sup> długości 60<sup>'</sup>  
z naczynia napełnionego wodą do wyso-  
kości iednęj stopy odchodzi 1957. calów  
sześciennych wody w przeciągu iednęj  
minuty; przez tęż samą rurę, gdy jest bar-  
dzo krótka odchodzi 6330. calów sze-  
ściennych (13.) w tymże samym czasie.  
Skutek więc tarcia w rurze na 60 stóp  
długięj, właśnie takiż sam jest, jakoby  
był, gdyby wysokość wody w naczyniu  
zniżona była w stosunku  $(6330)^2 : (1957)^2$  tak  
zniżwszą rzeczoną wysokość, wszystko  
tarcie zginęłoby, oraz na minutę odezłoby  
1957. calów sześciennych wody, gdyż wy-  
sokości wody w naczyniu są w stosunku  
kwadratów prędkości strumienia wytry-  
skującego (70.). Wysokość więc tak

zmniejszona będzie  $= \left( \frac{1957}{6330} \right)^2$  stóp, reszta

zaś wysokości  $= 1 - \left( \frac{1957}{6330} \right)^2$  stóp, i ra-  
zém p. tym korytém odchodzić będzie  
przez końcowy otwór rury. Ale zatka-  
wszy końcowy otwór rury, woda bie-  
żyna

czyną przez otwór ięcy poboczny do wysokości prawie iednéy stopy. A że prędkości mają się iak pierwiastki kwadratowé wysokości tymże prędkościóm odpowiadających, przeto też prędkości w obydwu pomiénionych przypadkach, będą się miały iak  $1: \sqrt{\left(\frac{1957}{6330}\right)^2}$ . Jeżeli więc zupełnie

zatkawszy otwór końcowy rury, przez otworek mały poboczny w czasie 1' odchodzi 196 calów sześciennych wody, odetkawszy go odęszyć musi przez ténże otwór

poboczny 196  $\sqrt{\left[1 - \left(\frac{1957}{6330}\right)^2\right]}$  czyli 196  $\sqrt{0,90452}$ ; to iest: 186, 2 calów sześciennych wody. W iustocie zaś saméy po zatkaniu rury odeszło 196 a po odetkaniu 186 calów sześciennych w przeciągu iednéy minuty, przez tenże sam otworek poboczny (Bos-sut). Co stwierdza, że woda płynąc przez rurę przydłuższą wywierá parcie swoje na ięcy boki takie, iakié się przez rachunek okazało, i że toż parcie małe iest w rurach krótkich, wielkie w długich, a zawsze mnieysze niż parcie wody stojący.

### §. XVII.

Niech będzie koło ADBMA, srzodek iego C, któregooby każdy punkt obwodu był party od płynu siłą v. Poprowadziwszy iakąkolwiek srzednicę AB podziel-

Jaką siłę  
woda wy-  
wierá na

my

rezerwa-  
nie rury,  
którą wy-  
pełnia.

Fig. 29.

my całe koło na punkta fizyczne, równé Dd, Mm, i t. d. Niech będą linie DM, dm prostopadłe do średnicy AB, przecinające ją w punktach E, i e; linie zaś CD, CM promiennie tegoż koła. Siła więc  $v = DG = ML$  będzie się mogła rozebrać na dwie inne siły, iako to na siłę DM, lub  $FG = MN$  lub OL, i na siłę DE, lub HG,  $= MO$  lub NL, z których jedna jest równoległa, a druga prostopadła, do średnicy AB. Zbiór zaś wszystkich sił DH lub MN w półkole APB lub AQB będzie równy zero, gdyż siły równé i wprost sobie przeciwległe, zupełnie się niszczą. Siła więc, którą płyn usiłuje oderwać iedno półkole APB od drugiego AQB, równa się zbiorowi wszystkich mnogości (*productum*) FD. Dd lub MO. Mm. Poprowadziwszy styczną do punktu D, przecinającą średnicę przedłużoną aż do T, będzie  $DT: TE = DC: DE$ . A że Dd jest łuzkiem nader małym, przeto brać się może za część styczney; będzie zatem  $DT: TE = Dd: Ee$ , toż  $DC: DE = DG: DF$ . Zatem  $Dd: Ee = DG: DF$ , i  $DE. Dd = DG. Ee$ , więc mnogość wypadająca ze zbioru wszystkich cząstek Ee, to jest: z całej średnicy AB i siły parcia stałego  $v = DG$  równa się sile całkowitey, którą płyn usiłuje rozerwać koło APBQ. Daymy, że to koło znajduje się w przecięciu iednocy kuli prostopadłym, do iednocy koła naye-  
większe

## O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 337

większego, mającego za średnicę linią AB. niech też kula będzie wypełnioną powietrzem lub innym jakim płynem sprężystym, któregoś siła sprężystości wyrównywała ciężarowi słupa żywego srebra na 10. calów wysokiego. W takowym razie wystawiwszy sobie, że cała kula podzielona jest na płaszczyzny fizyczne równoległe, siła całkowita którą płyn usiłuje oderwać jedną półkulę od drugiej, będzie się równać ciężarowi walca prostego żywego srebra, mającego za podstawę koło największe AB, za wysokość zaś 10. calów. I tym to sposobem wyrachować można siłę, którą kule powietrzne czyli balony opierać się powinny sile płynu one wypełniającego, aby się nie rozerwały. Podobnież się dzieje, gdy koło APBQA znajduje się w przecięciu prostopadłym do osi iakiędy rury walcowey mający średnicę 16<sup>'''</sup> wodą napełnioney. Jeżeli bowiem tak pre woda tę rurę, iak gdyby była wyniesioną do wysokości iednéy stopy, siła całkowita, którą woda usiłuje rozerwać rurę, równać się będzie ciężarowi graniastosłupa wodnego, któryby miał za podstawę długość rury rozmnożoną przez średnicę 16<sup>'''</sup>, za wysokość zaś iedną stopę, rury więc, w których woda stoi lub płynie bydz powinny tak grube, aby się nie rozerwały. Jednakże nie masz dotąd odkrytego pewnego

X

pra-

prawidła na oznaczenie w każdym przypadku grubości rur stosownej do parcia wody.

## ROZDZIAŁ III.

### o biegu rzek.

#### §. I.

Różnica  
między  
biegiem  
wody  
w rurach,  
a biegiem  
wody  
w kory-  
tach o-  
twartych.

Fig. 100.

Zastanawialiśmy się dotąd nad biegiem wody w rurkach, zastanówmy się teraz nad ięym biegiem w kanałach z wierzchu otwartych czyli w korytach. Z naczyniä iakięgo iednostaynie zawsze wodę napeln-onęgo, puściwszy wodę kanałem prostym i poziomym, z wierzchu otwartym AB, ta wien wchodzi pewna prędkością, a płynąc w nim wznosi się coraz tak, że przecięcie pionowe BC wyższe i większe będzie od przecięcia AD, ilość zaś wody (jak uczy doświadczenie) w różnych czasu przeciągach odchodzącą iednaką jest, bądź kanał tén jest dłuższy bądź krótszy, byleby innych iakich do tego zawad nie było. Co okazuje różnicę między biegiem wody w rurach a w kanałach, to jest, że w kanałach lubo tarcie zmniejsza prędkość wody, iednakże ilości ięj w pewnym czasie odosnowuujący, nie zmniejsza. Woda w kanale wzniesiona do C własnym ciężarém niewstannie uchodzi.



dzi do D, i to to jest, dla czego częstokroć w wiodzie, którzy bieg śnayduie iakakolwiek zawadę, rodzą się rozmaite biegi wsteczne. Bieg zaś ow zwierzchnięcy części wody ku D, najwidoczniejszy jest na samym początku płynięcia ię, z naczyni, a potem coraż nieznaczniejszy się staje.

## §. II.

Jeżeli koryto proste AB pod różnemi kątami nachyla się, różne téż okazują się odmiany w biegu wody w niem płynący; a naprzód dopoki pochyłość ta jest nieznaezna, acz bieg wody coraż się opóźnia, iednakże zawsze mniej, iak w położeniu poziomém tegoż koryta opóźniałby się, powiększając nieznacznie tę pochyłość, przyydzie się do kąta pewnego r, pod którym ani się opóźnia, ani przyspiesza woda płynąca, a za który kąt gdy przyydzie pochyłość, bieg wody przyspieszony będzie; skutki té pochodzą stąd, że woda pewną iakąś prędkością wpadając w koryto, zaraz na samym wstępie doznaje tarcia proporcjonalnego téyże prędkości. Tarcie więc to albo większe jest od siły, którą woda własnym ciężarém naglóna w korycie pochylém bieg swój przyspiesza, albo mnieysze albo ię równé. W piérwszym przypadku bieg wody opóźnia się, w drugim przyspiesza się, a w trzecim ani się przyspiesza, ani opo-

Bieg wody  
korytami  
pochylém  
samowol-  
nie odcho-  
dzący.

nia. Doświadczono, że w korycie, prostokątném drewnianém na 5" wszędzie szerokiém, którego ieden koniec, przez który woda samowolnie wypływa, na dziesiątą część długości iego niżej leży, iak koniec drugi, przez który woda wchodzi z naczynia stałe pełnego wody na iedną stopę wysokości, przez otwór tegoż naczynia wysoki na dwa cale; doświadczono mówię, że w takowym razie ani się przyspiesza ani opóźnia, lecz zaraz od początku bieg wody jest iednostajny (Bos-sut). Maiąc więc wprowadzać wody korytami, któremi ona samowolnie płynie, iakiemi są koryta młyńskie, przekopy i t. d. należy je tak nachylać, aby bieg wody mógł być ile możności iednostajnym. Dawszy im bowiem mnieyszą niż potrzeba pochyłość, woda opóźnia bieg swój, a zatem małą siłą działa na koła młyńskie i łatwo zamarza; nadto zaś nachyliwszy z powiększoną prędkością biegu, powiększa się tarcie tak dalece, że w przydłuższych korytach takowć powiększenie prędkości jest bezużyteczne. Gdy zaś koryta, któremi się sprowadza woda iedne z drugimi się stykają w położeniu coraz niższém, na ten czas opóźniać się musi ięć bieg, nie tylko z przyczyny tarcia, ale téż i z przyczyny uderzania się, którego doznaje woda spadając z jednego do drugiego. Zaczém kanały i przekopy pro-  
sté

stę mnię opóźniaią bieg wody iak krzywé lub zatamywané.

§. III.

Niech CARD wyraża przecięcie koryta prostokątnego, w którym wysokość wody  $DB = AC$  równa się połowie szerokości AB, niech oraz EFHG wyraża przecięcie podobnego innego iakięgo koryta, także prostokątnego. równie iak tanto długiego, niech nakoniec tyleż jednem korytem płynie co i drugim, wody równą prędkością odchodzą, a zatem przecięcia rzeczone, równe między sobą co do powierzchni. Tarcie więc, którego w tym przypadku woda doznawać będzie od koryt, będzie proporcjonalne do powierzchni partych ścian tychże koryt to jest: będzie w stosunku zbioru ścian prostokątów CB, EF czyli w stosunku ilości  $CA + AB + BD = 2 CA + AB$  do ilości  $2 GE + EF$ . Aże przeciągnąwszy linie AC, BD aż do L i M, tak żeby była  $CL = CA = DM = DB$ , uformuje się kwadrat LMBA, którego obwód  $LA + AB + BM + ML$ , czyli  $4 CA + 2 AB$  będzie mniejszy (\*) od obwodu iakięgokolwiek prostokąta

Tarcie wody przy różnych ilościach nąy, jest, kiedy ię wysokość równa jest połowie szerokości koryta.

Fig. 167.

(\*) Jeżeli z dwóch części AD, DB, linii danej AB wykryśli się prostokąt, i jeżeli punkt C jest środkiem téżże linii, powierzchnią takowégó prostok.

równego mu co do powierzchni. Zaczem i połowa jego obwodu  $2 CA + AB$  mniejsza bydz musi względem połowy powierzchni  $CABD = GEFH$ . Skąd się wnosi ogólnie, że przy równych okolicznościach, tarcie wody w tych kanałach, których szerokość jest dwa razy większa od wysokości, wody po nich płynący jest najmniejszy. I takie to bydz powinny koryta myśkie, jeżeli chcemy, ażeby tarcie najmniej opóźniało bieg wody.

## §. IV.

W korycie DE, gdzie woda samowolnie odchodzi otworóm CE każda cząstka niższa A wytrzymaie parcie od wody po nad nią będący, a zatem jest nagłona ku AB, a to tém bardziy, im wysokość AF jest większa. Ze zas na ténże sam punkt A żadna więcy siła w kierunku wprost przeciwnym nie działa, parcie więc takowe przyczynia się do powiększenia prędk.

Fig. 103.

prostokąta będzie  $= AD \cdot DE = (AC + CD) (AC - CD) = AC^2 - CD^2$  a przeto największą wtedy, kiedy  $CD = 0$ . Kwadrat więc na największą powierzchnią z pomiędzy wszystkich prostokątów, których obwody równają się obwodowi kwadratu. Przeto żeby prostokąt miał powierzchnią równą powierzchni kwadratu, potrzebaby boki prostokąta przedłużyć: a tak z pomiędzy wszystkich prostokątów jednakiy powierzchni, kwadrat ma najmniejszy obwód.

Fig. 102.

prędkości biegu tegoż punkta A. Wnieść więc należy, że cząstki wody końcem kanału koryta odchodzący, tém prędzcy odchodzą, im bliższe są dna koryta. A że co się tu powiedziało o przecięciu otwora, toż samo służy każdemu innemu przecięciu danego koryta, przeto ogólnie powiedzieć można, że w kanałach samowolnie wylévających wodę, prędkość wody nie jest iednaka, ale cząstki iéy wyższe powolniey, niższe prędzcy płyną. Nierówność ta biegów tém jest mnieysza, im mnieysza jest wysokość wody w kanale, i z jm większą prędkością wpadą do tegoż kanału. Nierówność ta naywidocznieysza i nayznacznieysza się okazuje, gdy kanał poziomy z obydwóch końców zamknięty, do pewnáy wysokości wodą się napelnia, a potém przez ieden koniec otworzony taż woda wypuszcza się.

§ V.

Jeżeli koryto DE wyléwá wodę do innego koryta uyiściém CE i toż uyiście jest napelnioné woda aż do CI iakiémi korytami wpływają rzeki iedné do drugich, lub do morza albo do jeziora it. d, w takim razie każda wodná cząstka niższa A nie tylko ponosi parcié od wody koryta EE w kierunku AB. ale téż i od wody EI w kierunku tamtému przeciwny. Obydwa te parciá przeciwné sobie a równé gubią się, cząstka więc A żadný edmiany stąd

Wrzeka  
woda niż-  
sza, nie  
pływie  
prędzcy  
od wyż-  
szej.

Fig. 102



stać w biegu swoim doświadczyć nie może; to jest w kanałach takowego gatunku woda niższa nie może przędzcy płynąć od wyższej, czego właśnie doświadczyć można na rzekach, które chociaż są kanałami pochyłymi, iednakowoż pochyłość ta mało co, albo wcale nie przyczynia się do przyspieszenia biegu: gdyż w nich woda nie płynie samowolnie, nyscia ich zatkané są, iż tak powiem, wodą morza, jeziora lub innéj rzeki iakiéj. Dla tego to, w rzecze zupełnie pozioméj łączący dwa jeziora lub morza iednakowégo poziomu woda płynąć nie może. Co gdy tak iest, myślą się ci, którzy wszystko cokolwiek służy wodzie prowadzonéj korytami samowolnie płynący, chcą przystósować do rzek. A coż ieszcze? kiedy w rzekach prawie wszystkich wysokość wody zwykła bywać mnieysza od połowy ich szerokości, i pochyłość nawet nie wszędzie iednaka, pospolicie większa przy źródłach a mnieysza ku uysciu (Wstę. V. §. 38.). Wszakże przekonywa doświadczenie, że lubo pospolicie prawie w rzekach miejscami bystrzcy, a miejscami powolniéj płynie woda; iednakże znaydują się w nich takowé miejsca, gdzie bieg wody iest iednostayny. W tych więc miejscach siła tarcia musi wyrównywać siłę czyli raczcy części ciężaru wody przyspieszający bieg z przyczyny pochyłości;

a za-

a zatem każda z tych sił bydz musi  $= P$ .  
wst. r. gdzie  $P$  wyraża ciężar iakiéykol-  
wiek w rsty wodnéj prostopadłej do osi  
kanału lub rzeki iednakowo pochyły i  
szerokiéj w rzeczonych miejscach, to iest  
pochyły pod kątem  $r$ .

## §. VI

Niech będą dwie rzeki  $A$  i  $D$  równéj  
szerokości i głębokości ale nierównéj Jle by-  
strość rzek  
pochodzi  
od ich po-  
chyłości.  
bystrości, niech  $n. p.$   $A$  płynie bystrzéj iak  
 $B$ , przypuścimy ieszcze, że w każdéj z tych  
rzek znajduie się iedno takie miejsce  
w téj długości  $L$ , przez które płyną bie-  
giem iednostaynym ale każda sobie wła-  
ściwym. Nie widząc zaś czyli w tych  
miejscach kąty pochyłości są równé lub  
nie, nazwiemy je  $r$ ,  $t$ , ciężar wody  $P$ ,  
w obydwóch rzekach w rozległości  $L$   
iest téż sam, siły więc  $P$ .  $wst. r$ ,  $P$ .  $wst.$   
 $t$ , przyspieszające biegi rzek będą w stó-  
sunku  $Wst. r: Wst. t$ : że zaś obiedwie rzeki  
płyną iednostaynie w rzeczonym miejscu,  
musi więc bydz tarcie iednéj  $= P. wst. r$ ,  
drugiej  $= P. wst. t$ , a stąd tarcia te są  
w tym samym stósunku, co i siły one znoszą-  
cé. Powierzchnie tarcia podlegające w oby-  
dwóch razach są iednakié, prędkości zaś ró-  
żné, będzie więc tarcie rzeki płynącej by-  
strzejszéj większé iak powolniejszéj, a tém  
samém  $r > t$ . Gdyby więc obiedwie rzeki  
 $A$  i  $B$  równie bystro płynęły, na téj czas  
musi bydz  $r. = t$ . Przeto wnieść można  
od-

odwrotnie, że bystrość, czyli prędkość rzeki jednostajnie płynącej, a bardziey niż druga równy szerokości i głębokości pochytey większa być powinna. Owszem w ogólności prawie powiedzieć można, że przy równych okolicznościach, tarcie wody w rzekach jest w stosunku kwadratu ię bystrości, czyli prędkości. Doświadczono bowiem, iż z dwóch rzek w przeciągu mili iednakowo szerokich i głębokich iedna, której tamte spadek był na cztery cale, miała prędkość odpowiadającą wysokości  $1\frac{1}{2}$  stop w jedney sekundzie przehywając się, druga zaś w tymże rozciągłości mając spadek 32" miała prędkość odpowiadającą wysokości  $3\frac{1}{4}$  stop (Brahms §. 208.). Jest zaś  $\sqrt{4} : \sqrt{32} = 2 : 5,657 \Rightarrow 1\frac{1}{2} : 3,3$ , to jest prawie  $= 1\frac{1}{2} : 3\frac{1}{4}$ . A że w tym razie tarcia są w stosunku Wst. r: Wst. t, to jest  $= 4 : 32$ , te zaś liczby są w stosunku kwadratowym prędkości, przeto i tarcia w tymże samym stosunku być muszą. Gdyby zaś rzeka iaką C była głębsza, a mnięj szeroka iak rzeka inną D ię równa i iednako pochyła, płynąc głębie C bystrzezy aniżeli D, gdyż siły przyspieszające bieg rzek tych, a zatem i ich tarcia są równe, gdyby zaś obydwie równie bystro płynęły, na ten czasby i powierchnia przytarta, i samo tarcie większe byłoby musiało w D iak w C, a zatem rzeka D powolniey płynąć powinna. Skąd się

się wnosi, że rzek, których nierówna jest szerokość i głębokość, nie można oznaczyć kąta pochyłości z wiadomej prędkości biegu ich niejednostajnego, ale w takim przypadku przez równowagę (*libella*) pochyłości tych rzek dochodzić można.

## §. VII.

Pochyłość rzek pospolicie nader mała bywa, a nawet daleko mniejsza od kąta, pod którym woda w korycie ciasnym drenianem iednostajnie płynie. Co zapewne pochodzi stąd, że powierzchnia wody, która się ocięra o koryto względem wielkości swojej, większa jest w rzekach iak w korytach ciasnych. Dla tego to we dwóch kanałach podobnych i równo pochytych, woda mniej doznaie tarcia, w szerszym iak w ciasnym. Niech będzie kanał  $ABDC$ , który rozprzestrzemy tak, ażeby szerokość  $AE$  wyrównywała z  $AB$ , podobnież wysokość wody  $AG$  była  $= 2. AC$ , długość zaś, i pochyłość niech będzie ta sama co przedtém. Wielość więc wody w kanale większym mieć się będzie do wielości wody w kanale mniejszym  $= AE. AG : AB. AC = 4 : 1$ . Powierzchnie ocięrające się w obydwóch razach są w stosunku z  $GA + AE$  czyli  $4. AC + 2. AB$  do  $AC + AB$ , a przeto w stosunku mniejszym iak  $4. 1$ . Siły więc przyspieszające bieg wody danych kanałów będą  $4. P$ . Wst. r. i  $P$ . Wst. r, a zatém iak  $4. 1$ . Gdyby zaś

Dla czego  
pochyłość  
rzek czę-  
stokroć  
bywa ma-  
ła.

Fig. 104.

z obu stron prędkości były równé, tedy tarcia byłyby w mniejszym stósunku, a zatem prędkość wody w korycie obszerniejszém, powinna być większą, a niżeli w ciśniejszém, ażeby tarcia ich były w stósunku 4:1. (5.). Z czego wyrozumieć można, dla czego rzeki im większą, tém mniejszy potrzebują pochyłości, ażeby płynęły iednostaynie (Wstę. V. 7.).

## § VIII.

W rzekach dzielących się na wiele koryt czyli odnog.

Fig. 105.

Wystawmy sobie rzekę iaką AB dzielącą się na ilékolwiek koryt, równéy prawie szerokości n. p. na dwa BC, i BD którei ona do morza DC wpada tak, że odnoga BD jest dłuższa od BC. Punkta G i D są punktami powierzchni morza, więc ich położenie względem punktu B powierzchni wody rzecznéy jest iednakié: a zatem punkt pochyłości odnogi krótszéry BC, bydz musi większy, a niżeli kąt pochyłości odnogi dłuższéry BD: a tak bystrość czyli prędkość odnogi krótszéry, większą będzie od prędkości odnogi dłuższéry. Stąd odnoga dłuższa powolniey płynąc, łatwiey też piaskiem lub inną iaką ziemią zasypać i zamulić się może (Wstę. V. 28.) co hardziey ieszcze bystrość téyże odnogi osłabia. Ze zaś rzeka rozdzieliwszy się na odnogi powiększą powierzchnią tarcia podlegającą bez powiększenia ilości wody, nie dziw więc, że za powiększoném tarciem, zmniejsza się ich bieg, i odnogi coraz bardziej



dziey zamulaąc dna swoje, coraż téż szerzeć się stają; gdyż przez nie tylé odchodzić musi wody, ile odchodzi przez rzekę. I to to iest, dla czego szerokości odnóg razém wzięte przewyższają szerokość saméy rzeki, a częstokroć iedna odnoga wyrównywa prawie rzéce co do szerokości. Tu téż można naznaczyć przyczynę, dla czego rzeki w miejscach głębszych, gdzie pod równą dła pochyłością tarcie iest nie równie mnieysze, woda płynie nie równie bystrzéy iak w miejscach mialkich: i dla téy to przyczyny rzeki podbięraią i rozprzestrzeniaią koryta swoje. Wszakże prócz przyczyny tego skutku z powyższych początków wypadaiącéy, przydać potrzeba działanié wiatrów, które w téż stronę co i woda zmięrzaiąc, powiększą iéy prędkość i uderzaią ią o brzegi i występy, a té z czasem znoszoné bywaią. Naznaczyć mówię można przyczynę, dla czego rzeka zwężoną brzegami górzystými, mostami lub innými podobnými zawadami bystrzéy płynie w miejscach zwężeniá, iak gdzieindziey: dla czego wezbranié wód powiększą prędkość rzek, kiedy kilka rzek łączy się w jednę, która od każdéy z tamtych iest szerszą, głębszą i bystrzéyszą, zawsze iednakowoż szerokość iéy nie wyrównywaiącá zbiorowi szerokości tamtych. Nakoniec dla czego koryta rzek ku morzu bardziéy są szersze, iak

jak głębsze, i że nie w tym stosunku pomnaża się wysokość ich czyli głębokość, w którym pomnażaćby się powinna, względnie do powiększonej bystrości.

## §. IX.

Upusty  
kanalów  
(claustra  
Canalium)

Fig. III.

Dla wielkiego kosztu trudno jest tak głębokie kopać kanały, jak głębokie bywają czasem rzeki względem brzegów swoich, pochyłość więc takowych kanałów, bardziej zależy od położenia gruntu, przez który przechodzą. Stąd często się trafia, że w nich albo zbytnią bystrość wody, albo też niedostateczną ilość przeszkadza żegludze statków. Zapobiega się takowemu nieprzyzwoitości sluzami czyli upu tami (claustra Canalium) sluza A, ma dwa zamknięcia czyli wrota BG DC, i EF GF, woda wyżey jest podniesiona przed zamknięciem w H, jak w samej skrzyni A, w skrzyni zaś A, wyżey jak za upustem w I. Skoro więc statek przybliży do H, wrota BC DC otwierają się, woda dążąc do równey wagi przechodzi z H do A i wraz z sobą statek unosi; po czém zamykają się wrota rzeczone, a na to miejsce otwierają się drugie EF GF, przez które statek wraz z wodą powoli zniżając się wychodzi ze skrzyni do I. Podobnie się też postępuje gdy statek z I do H ma przechodzić. Używają się pospolicie sluzy takowe i w rzekach mających progi: kopią się bowiem poboczne kanały omijające te progi, a tą

cząć się końcami swemi z rzeką, i na nich upusty robią się.

## §. X.

Prócz sposobu wyżej podanego (Wstę. V. 9) na oznaczenie bystrości rzeki, użyć można dwóch kulek woskowych, nitką połączonych, z którychby jedna była nasadzona kamyczkami lub kawałkami ołowiu, a to dla uczynienia ięć gatunkowo cięższą od wody. Zanurzwszy takowe kulki w rzecę, postrzeżemy, że albo obiedwie równo uchodzą, albowi też jedna drugą wyściga, a tak będziemy mogli nie tylko oznaczyć prędkość wody powierzchni, ale też i spodniej. Tym sposobem przekonano się, że w rzekach powolniej płynie woda przy dnie, iak z wierzchu: przeciwnie zaś dzieje się w miejscach, gdzie mosty albo inné iakié zawady ją ściskają. Tam bowiem woda wzniesiona własnym ciężarém pre na spodnią część swoją, która przez to bystrzej uchodzić musi, a niżej ięć część zwierzchnią.

## §. XI.

Oznaczyć też można bystrość czyli prędkość rzeki za pomocą rurki szklanej, od imienia wynalazcy zwaney rurką *Pilota*. Rurka ta otwartą z obydwóch końców, tak jest zakrzywioną przy B, iż ięć ramię AB wynosi około sześć stóp, i równoległe jest do otworu OC, ramienia BC długiego na jedną prawie stopę. Rurka ta wraz z dru-

Pierwszy sposób oznaczenia bystrości rzeki iakięć.

Drugi sposób oznaczenia prędkości rzeki.

Fig. 112.

z drugą rurką szklaną szerszą, prostą z obu końców otwartą DE, równę z nią długości, przytwierdza się do Tablicy tak, aby były do siebie równoległe. Obok nich znajduje się podziałka miedziana, do oznaczenia w nich wysokości wody. W ten sposób narządzone rurki zanurzają się w rzece pionowo tak, aby otwór OC, był wprost przeciwległy nurtowi wody; woda natychmiast napełnia obydwie rurki do pewnej wysokości to jest, prostą DE do linii poziomęj n. p. NF niżej powierzchni rzeki LM, zakrzywioną zaś AB do G, to jest wyżej nad powierzchnią rzeki. Jest więc FG wysokością odpowiadającą bystrości wody wpadającej do otworu OC, a to iakożkolwiek ten otwór bardzo lub mniej głęboko jest zanurzony. To zaś pochodzi stąd, że gdyby woda, w której się zanurza rzeczone narzędzie była stojąca, na ten czas obydwie rurki do jednakiej wysokości, to jest do powierzchni rzeki wodą wypełnione byłyby; w tym razie albowiem jednaka siła, czyli samo tylko parcie rzeki na nie działałoby (Wstę. VII. 10). Ale ponieważ rzeka płynąc ciężarém swoim zmniejsza parcie swoje, przeto podniesienie się ię pochodzące od samego parcia w rurce DE, nigdy nie może wygórwać do powierzchni LM, gdy przeciwnie w rurce zakrzywioney uderzanie wody na otwór OC, wznosi ją po nad tęż

powierzchnią LM. A że kierunek rzek brać się może za poziomy wszędzie, (Wstę. V. 8.). Żyłą więc wodną OPNC, białą na płaszczyznę pionową OC, prędkością n. p. C, brać się także może za poziomą, ięć zaś bicie (Jllisus) za prostopadłe (Roz. IV. §. 5.). Okáže się niżej, że siła takowego bicia, wyrównywa ciężarowi słupa wodnego, mającego za podstawę OC, za wysokość zaś ilość iaką wiadomą A, odpowiadającą bystrości C (Roz. IV. §. 13.). Zatem gdy ramię AB, jest pionowe, musi być parcie siły a FG na OC, w równowadze z siłą bicia wody na tęż płaszczyznę OC, stąd  $FG = a$ ; co mając, można będzie oznaczyć prędkość rzeki w jakiej chcąc głębokości, byleby wysokości BF, BG, dokładnie były dostrzegane, co niekiedy z przyczyny kołysania się wody nie jest nłatwawieć.

## §. XII.

Można użyć ćwiartki koła do oznaczenia prędkości rzek, do której przyprawione są dwie kulki A i B, gatunkowo cięższe od wody, i w jęć środku C na lekkich nitkach CA, CB, uwiązane tak, iż pierwszą króćcy, drugą dłużey wisi. Cwiartkę tę po nad powierzchnią rzeki w jęć kierunku tak należy ustawić, ażeby kulka A wisiła pionowo, a zatem ramię ćwiartki CP, było poziome, drugą zaś kulka B. zanurza się w rzecę do téj głębokości,

Trzeci sposób oznaczenia bystrości rzeki, to jest za pomocą kwadransu czyli



Ćwiartki  
koła.

Fig. 113.

kości, w którą chcemy, znaleźć prędkość rzeki, kulka ta unoszona od wody ołcho-  
dzic będzie od kulki A, formując kąt pe-  
wny ACB, niech ciężar kulki w wodzie  
będzie = P. linia BF, pionowa, BE w kie-  
runku nici, linia zaś DB, jako też i FE,  
niech będzie równoległa do powierzchni  
rzeki MN. A tak siła BF wyrażająca ciężar  
P, będzie się mogła rozebrać na dwie inne  
siły iednostajne BD i BE, z których iedna  
ciągnie nie przywiązaną przy C, druga zaś  
BD, kulka opiera się biciu wody. Im  
mniejszy kąt jest ACB, lub FBE, tém mniej-  
szą jest siła FE, czyli BD, i przeciwnie im  
tén kąt większym się staje, tém siła BD bar-  
dziej wzrasta, tak dalece, że nakoniec ona  
wyrównywa sile bicia wody i kulka B,  
w spoczynku zostaje. Jest zaś  $BD:BF =$   
 $Wst. DFB: Wst. BDE = Wst. ACB: Wst.$   
 $MQC$ , gdzie pion CA przedłużony jest do  
powierzchni rzeki M, nie zaś CB przecina  
tęż powierzchnię w punkcie Q. Jeżeli  
więc pod kątem ACQ kulka B zostaje  
w spoczynku, a zatem siła BD wyrównywa  
biciu wody na tęż kulkę, będzie siła bicia  
P. wst. ACB.

rzeki  $V = \frac{Wst.: MQC}{\text{gdzie kąt } MQC}$   
z pochyłości powierzchni rzeki znany być  
może. Bo niech na p. MO będzie linią  
poziomą przez równo ważenie oznaczona  
(wst. V. 7.) będzie  $MQC = MOC - OMQ$ ,  
kąt zaś MOC dopełnieniem kąta ACB do

90°

90° Jeżeli więc pochyłość rzeki tak jest mała, że część ięć powierzchni MQ bez znacznego uchybienia za poziomą brać się może, będzie  $V = \frac{P. \text{ Wst. } ACB}{\text{Dost. } ACB.} = P.$

Stycz ACB.

### §. XIII.

Niech będzie ciężar stopy sześciennéy wody = m, ciężar zaś stopy sześciennéy materyi, z której kula B jest wyrobiona, <sup>Dalszy ciąg tegoż</sup> niech będzie = m + n, średnica rzeczonéy kuli = d, stósunek obwodu koła do średnicy = p: 1; to mając, będzie bryłowość kulki B =  $\frac{d^3 p}{6}$  ciężar zaś ięć w próżni

$$= \frac{d^3 p (m + n)}{6} \text{ w wodzie zaś } = \frac{d^3 p n}{6} =$$

P. (wst. VII. 21.). Walec wodny mający za podstawę koło wielkie kuli i wysokość

$$A, \text{ będzie } = \frac{1}{2} p d^2 a, \text{ ciężar jego } g = \frac{p d^2 a m}{4}$$

Okáže się zaś w następującym Rozdziale (Roz. IV. 13.) że siła V bicia rzeki na kulkę jest =  $\frac{2}{5} g$ , gdy a wysokość walca, jest wysokością odpowiadającą prędkości C

$$\text{wody biłacéy. Przeto } V = \frac{p d^2 a m}{10} \text{ lecz ie-}$$

żeli g, jest wysokością wolnego spadku ciała w przeciągu iednéy sekundy, będzie  $c^2 = 4ag$ , (Xię. I. Roz. III. 2.) a zatém

$$Y^2$$

$$c^2$$

$$\frac{c^2}{4g} = a, v = \frac{pd^2 c^2 m}{40g} \quad \text{Oznaczwszy więc}$$

$$\text{ogólnie kąt ACB, przez } r, \text{ będzie}$$

$$\frac{pd^2 c^2 m}{40g} = \frac{d^3 p n}{6} \text{ Sty } r i c^2 = \frac{20g d n. \text{ Sty. } r}{3m}$$

$$\text{przeto } c = \sqrt{\left[ \frac{20g d n. \text{ Sty. } r}{3m} \right]} \quad \text{A tak mając}$$

znany kat  $r$  z dostrzegania, średnicę kulki i stosunek tęż ciężkości do ciężkości wody  $m + n$ :  $m$ , oznaczyć można będzie prędkość, czyli bystrość rzeki. Niech n. p. kulka B żelazna ma średnicę  $\frac{1}{3}$  stopy kat zaś  $r = 8^\circ 32'$ , a przeto  $\text{Sty } r = 0, 15$ ; będzie  $m$ :  $m + n = 1$ :  $7, 6$ . (Wstę. VII. 28.) i  $m$ :  $n = 1$ :  $6, 6$ ; przeto  $n = 6, 6m$ ;  $c =$

$$\sqrt{\left[ \frac{20g, 0, 1, 6, 6, 0, 15}{3} \right]} \quad \text{A że w krajach}$$

tak iak nasz położonych powszechnie  $g = 15, 1$ . Więc  $c = 3, 16$ , to jest: woda z taką prędkością uderza na kulkę B, iaką w czasie 1" przebiedziesz może 3, 16 stóp Paryżkich.

#### §. XIV.

Gdyby w innéy iakiéykolwiek rzece, jak można bądź w inném miejscu téż saméy rzeki, oznaczyć kąt ACB, pod którym kulka zostaje w spoczynku, był  $= r$  powierzenia zaś rzeki rzek przez była prawie poziomą, będzie prędkość  $c$ , w tém

w tém miejscu  $= \sqrt{\frac{20 \text{gdn. Sty. } r}{3 \text{m}}}$  a zatem

c: c' =  $\sqrt{\text{Sty } r}$ :  $\sqrt{\text{Sty } r'}$ . Skąd ten wypada wniosek, że w miejscu iakiém mając raz oznaczoną prędkość rzeki daney za pomocą ikiegookolwiek ciała pływającego, lub innym iakiin sposobém i tamże kąt r, dokładnie dostrzegany, można będzie w każdym inném miejscu, owszém w każdej innéy rzece za pomocą powyższego narzędzia, oznaczyć kąt r, a tak bez wielkiego rachunku znaleźć prędkość wody, byleby powierzchnie rzek wszędzie prawie były poziomé. Niech n. p. na témże narzędziu mającém kulkę żelazną średnicy  $\frac{1}{10}$  stopy w innéy iakiéy rzece zanurzywszy kulkę, będzie kąt  $r' = 11^{\circ} 52'$  a przeto  $\text{Sty } r' = 0, 21$ , toż c: c' =  $\sqrt{0, 15}$ :  $\sqrt{0, 21} = \frac{1}{2}$ :  $\sqrt{1, 4} = 1: 1, 2$ , a zatem c = 3, 8 prawie. W takowych działaniach pamiętać potrzeba na to, żeby kulka wpuszczająca się w rzekę zupełnie w niéy się zanurzała, i nic, na któręy jest uwiązana, była iak tylko byż może najlżeyszą, i nic prawie ciężar iéy nie znaczył, względém ciężaru kulki, a przeto ten bez znacznego uchybienia mógł byż zaniedbany, kulka zaś sama z kości słoniowéy lub innéy podobnéy materyi dokładnie toczona byż má; bo gdy ciężkość iéy gatunkowá, znacznie przewyższá ciężkość gatunkowá wody, nie iest dosyć ruchomá, gdy

iedno tyl-  
ko do-  
strzeżenie

gdy zaś zbyt jest lekka, ustawicznie prawie kołysze się, i wielkości prawdziwéy kąta  $r$  zaledwie doysść można.

## §. XV.

Wiatro-  
miérz  
(Anemo-  
metrum)

Za pomocą tegoż samego narzędzia oznaczyć można prędkość wiatru, byleby kulka A ołowiana tak była przyprawiona do ćwiartki koła, iżby wiatr iéy wzruszyć nie mógł, kulka zaś B, była gatunkowo lżeyszą. Wiatromiérz takowy nayprościej-  
szy jest, nader wygodny do użycia. Niech będzie n. p. kulka B dręwniana, i niech iéy ciężkość gatunkową, do ciężkości gatunkowéy wody deszczowéy będzie w stósunku 0, 6; 1, średnica zaś onéy = 0, 3'; kąt  $r = 29^{\circ}34'$  a przeto  $\text{Sty. } r = 0, 567$ , a że powietrze lżeysze jest od wody deszczowéy 808 razy, będzie więc  $m: n = 808$   
 $\frac{3}{5} = 1: 480$ , i  $m: n = 1: 479$ . Zatem prędkość wiatru  $c = \sqrt{\frac{302 \cdot 0, 3 \cdot 479 \cdot 0, 567}{3}}$

= 90, 6 stóp; (13.) to jest taki wiatr na każdą prawie sekundę 91 stóp Paryzkich iednostaynie przebiega, mając zaś na pewny iaki kąt podniesienia prędkość wiatru wyrachowaną, na każdy téż inny kąt prędkość jego tak zupełnie iak prędkość rzeki, oznaczyć się będzie mogła (14.). Że zaś powietrze czasem jest lżeysze, czasem cięższe, dla tego za każdą razą ciężar jego oznaczać potrzeba za pomocą ciężkomiérza,



rza, albo przynajmniej rachować prędkość  $c$ , stósując do powietrza siedmset i dziewięćset razy lżeyszego od wody, prawdziwą prędkość wiatru: zawsze będzie w tych granicach (Roz. I. 9.)

## ROZDZIAŁ IV.

*o biciu i odbiciu czyli oporze  
płynów.*

### §. I.

Przypuściwszy, że żyła wody lub innégo iakiego płynu odchodzi z naczynia danégo, i że  $b^2$  iest przecinkiem téżże żyły, prostopadłym do iego kierunku; przypuściwszy orąż, że wszystkie czastki płynu w tym przecinku iednaką prędkością  $c$ , i kierunkiem zawsze odchodzą, przekonać się można, że siła potrzebną do sprawiienia takowego ruchu, równą się ciężarowi słupa prostégo płynu, mającégo za podstawę  $b^2$  za wysokość zaś  $2a$ , to iest wysokość dwa razy większą od wysokości, która odpowiada prędkości  $c$ . Że bowiem prędkość  $c$ , odpowiada wysokości  $a$ , więc gdy wysokość nazwiemy  $g$  któręj ciała w próżni spadaią w przeciagu iednéj sekundy będzie  $c = 2\sqrt{ga}$  (Xię. I. Roz. III. §. 2.) to iest płyn przecinka  $b^2$  zawsze odchodzący prędkością  $c$ , może przebydź w cza-

Sila po-  
trzebna  
do spra-  
wiienia  
biegu wo-  
dy, z na-  
czynia  
stałe pet-  
négo wy-  
plywają-  
céy.

w czasie 1" biegiem iednostaynym  $2\sqrt{ga}$  stop, aprzeto w czasie  $t$ , przebieży ténże plyn  $2t\sqrt{ga}$  stóp. Miąższosc więc płynu w takowym czasie przez przecinek  $b^2$  odchodzącego, będzie  $= 2b^2t\sqrt{ga}$ ; siła za  $v$  potrzebna do sprawiienia tego biegu będzie iednostayna, bo w równym czasie równé miąższosci, równa téż prędkością w jednymże kierunku zawsze odchodzą, a tém samém w równym czasie równé biegi postępné rodzą się. Mnogość zaś z miąższosci płynu w czasie  $t$  odchodzącego przez prędkość  $= 2b^2t\sqrt{ga} \cdot 2\sqrt{ga} = 4b^2tga$ . Lecz ieżeli słup  $2b^2a$  tegoż płynu własnym ciężarém  $P$  wolnie spada, w przeciągu  $t$ " spada przez wysokość  $t^2g$ , i w tymże czasie nabywá prędkości za pomocą któręy biegiem iednostaynym w tymże czasie przebieżdż może  $2gt^2$  stóp; (Xię. I. Roz. IV. 7.) to iest nabywá prędkości  $2gt$ , a stąd mnogość wypadaiąca z prędkości płynu i miąższosci  $= 4b^2agt$ . A że siły  $v$  i  $P$  są siłami iednostaynémi, będą się więc miały t. k, iak biegi od nich sprawiioné w czasie  $t$ , rozdzieloné przez ténże czas (Xię. II. Roz. I. 12.) biegi zaś té będąc biegami postępnými, będą iak wieloczynny z miąższosci i prędkości (Xię. I.

Roz. II. §. 8.) przeto  $v: P = \frac{4b^2tga}{t} : \frac{4b^2agt}{t}$

skąd  $v = P$ . Wnieść więc należy, że siła  $v$  potrze

• potrzebna do sprawienia biegu nieustannego strumienia, równa się ciężarowi słupa płynu  $zb^2a$ , to jest mającego za podstawę  $b^2$ ; a za wysokość  $2a$ .

## §. II.

Niech będzie rurka AC tak skrzywiona, żeby przecięcie BE, początku krzywizny EC, było prostopadłe do przecięcia CD zakończonego też krzywizną, to jest niech będzie rurka AC prostopadłe zakrzywiona; przypuściwszy, że ta rurka jest walcowa, oraz nie uważając ani na tarcie ani na ciężkość, będzie jakaś prędkość  $c$ , odpowiadająca wysokości  $a$ , którą płyn przez rzeczoną rurkę wszędzie płynąć będzie. Położmy otwór  $DC = b^2$ , a tak siła sprawująca bieg wody w rurce, będzie się równać ciężarowi prostego słupa wody  $zb^2a$  (1.). W rurce więc AC prostopadłe zakrzywioné, strumień MB spływając przez krzywiznę rurki, ustawnie przynajmniej i przez to coraż bardziej zmniejsza bieg swój ku AB, a powiększa ku CF, to jest: bieg ten płynu taki jest, jak gdyby w każdym punkcie G krzywizny rurka nań działała dwoistą siłą, jedną F ku BA, drugą f ku CF. Przeto w punkcie C, gdzie płyn już zupełnie odchodzi kierunkiem CF, bieg ku AB całkiem jest zniszczony od siły F, bieg zaś całkowity ku CF sprawiony jest samą siłą f. A tak całkowita siła f, nagleca płyn przez całą krzywiznę

Bieg wody w rurce prostopadłe zakrzywionéy.

Fig. 114.

wiznę BGC, w kietunku  $CF = zb^2a$ . Agdy AM iest otworémiakiégo naczýniá, równym otworowi DC, plyn odchodzie bédzie przez otwór AM, prędkościá równá C w kierunku AB, siła zaś bieg tén sprawuiacá, bédzie się równac ciężarowi plynu  $zb^2a$  (i.) a że w każdym czasie danym, w równéy ilości plynu bieg całkowity przy AM sprawiony znosi się, musi więc rzeczóná siła przy AM, wyrównywaé siłę F; stád  $F = f$ , to iest plyn tak odchodzi, iak gdyby ciężar  $zb^2$  rozłożony po krzywiznie BGC, ustawnie parł go w górę ku BA, i razém inny równy ciężar  $zb^2a$  równie rozłożony po krzywiznie BGC parł go ku CF.

## §. III.

Plyn pre na każdy punkt G krzywizny BC w kierunku prostopadłym ku GH, i parciém tém wcale różném od parciá rurek wyżéy przytoczonégo, (Roz. II. 17.) mającém tylko mieyscé w krzywiznach rurek, parciém mówię tém odmiénia się iego kierunek. Parcie zaś to może się rozebrać na dwa inné, iedno GL, równoległe do CF, drugie GI równoległe do AB, a prostopadle do GL, a zatém w tym razie właśnie tak się dzieie, iak gdyby plyn był party bez przestannie ku GL iednym ciężarém  $zb^2a$  rozłożonym po krzywiznie BGC, i razém ku GI, innym równym ciężarém  $zb^2a$  po teyże krzywiznie rozcią-  
gnio-

Silnia Se-  
guera.

Fig. 114

gnionym (2.) gdyż działanie płynu na rurkę równie zupełnie i wprost przeciwnie jest odporowi (reactio) rurki na płyn. Na tém się właśnie zasadzą *silnia signera*, za pomocą której kamienie młyńskie bez kół obracać się mogą. Walec bowiem pionowy AB, koło osi swojej nie wzruszonéy mogący się obracać przykrywszy naczyniem iakiém walcowém GCDH i doń go przytwierdziwszy, i na dnie tegoż naczynia wiele otworów równych wywierciwszy, przez któreby woda z naczynia mogła spływać do rurek, w koło podstawy EF przyprawionych, a dolną swoją częścią prostopadłe zakrzywionych; woda wypadając przez otwory tych rurek w kierunku stycznych; podstawę EF w tył cofa w kierunku wprost przeciwnym, siłą 2b<sup>2</sup>a, a tak silnie obracać się poczyną, i zawsze iednostaynie się obraca, byleby naczynie stale wodą było napełnione.

Fig. 115.

## §. IV.

Bicie płynów dzieli się powszechnie na proste, gdzie strumień iaki pionowo o płaszczyznę i ukośnie uderza. Przypuśćmy zaś, że wszystkie cząstki strumienia uważaia się, iako mające iednaką prędkość i kierunek. Jeżeli więc strumień CDEF z otworu naczynia CF wypadając uderza prostopadle na płaszczyznę AB, i jeżeli GE, GL, ML i t. d. są warsztami równémi,

Wyluszczenie bicia prostego.

Fig. 116.

nader



nader cienkimi, do płaszczyzny AB równoległemi, rzecz widoczna, że warsztwa pierwsza GE, obiwszy się o rzeczona płaszczyznę, traci bieg swój w kierunku CD, następującą zaś warsztwa GL, pre na nią, a zatém coraż bardziéj ją rozplaszczają na płaszczyźnie AB. Ale warsztwa GL doznawszy odporu warsztwy pierwszój GE, utracić także musi część iakąś biegu swojego w tym kierunku CD, a przeto trzecia téż warsztwa ML na drugą GL przed będzie, iednakże strata iéj biegu mnieysza jest iak warsztwy pierwszój, która rozplaszczywszy się na HI cieńszą się stała, a tak drugą warsztwa w kierunku CD postępuje z G do P. Podobnymże sposobem czwarta warsztwa pre na trzecią, a ta mniéj iak drugą z biegu utraci. Tak tedy idąc daléj coraż bardziéj zmnieysza się rzeczona strata biegu, aż nakoniec warsztwa iakaś n.p. NO, ma bieg zupełnie wolny ku CD, gdy tym czasem wszystkie inne warsztwy znajdujące się pomiędzy O i E iedne mniéj, drugié więcéj ściskają się i rozplaszczają. Strumień więc dany, począwszy od przecięcia NO coraż bardziéj się na koło rozprzestrzeniając przychodzi aż do HQ, gdzie spływa z płaszczyzny w téj ilości, w jakiej w równym czasie przez otwór CF przypływa; o czém łatwo doświadczeniem przekonać się można.

## §. V.

Poki płyn po płaszczyźnie AB rozlewa-  
jący się ma jakąkolwiek wysokość QI  
poty wszystkiego biegu swego ku CD nie  
utraca: bo albo w tym razie coraż bardziéj  
się rozlewa po rzeczony płaszczyźnie, i wte-  
dy punkt Q coraż bardziéj zbliża się do téy-  
ż płaszczyzny albo i też spływa z niéy, a na-  
ten czas bieg swój ku I czyli ku CD utrzy-  
muje siła bezwładności. (*vis inertiae*). Ale  
gdyby płaszczyzna AB, była nieskończénie  
wielką, wysokość QI z czasem stać się mu-  
si nieskończénie małą, a tém samém i bieg  
płynu ku CD, stanie się nieskończénie ma-  
ły czyli żaden. Wszystek więc bieg stru-  
miénia ku CD, gubi się przez obicie się  
o płaszczyznę AB. Że zaś w każdym  
przeciągu czasu, tyle płynu odchodzi bie-  
giem równoległym do płaszczyzny AB,  
ile iéy przez o wór CF w tymże czasie  
wypływa biegiem prostopadłym do téż  
płaszczyzny: wnieść więc należy, że  
w tymże samym czasie płaszczyzna nie-  
skończénie wielką AB nie wzruszona, tyle  
niszczy biegu ku CD, ile go się rodzi przy  
CF: Siła więc obicia się strumienia  
o płaszczyznę jest równa i wprost prze-  
ciwległa sile, którą rodzi bieg w otworze  
CF (2). Jest więc w tym razie siła bicia  
prostego =  $zb^2a$ , gdzie  $b^2$  wyraża przecię-  
cie prostopadłe, czyli podstawę strumienia  
CE, ilość zaś  $a$  oznacza wysokość, której

Siła bicia  
prostego  
na płasz-  
czyznę  
nieskoń-  
czenie  
wielką.

Fig. 116.

od.

odpowiada prędkość strumienia (1.); gdyby zaś płaszczyzna AB nie była nieskończenie wielką, siła bicia prostego zawsze mniejsza będzie od ciężaru słupa prostego wody  $zab^2$ , a to tém bardziéj, im mniejszą jest płaszczyzna. Ale to wszystko wtedy się tylko prawdzi, kiedy płyn uwi-ża się bezcieżki, i w którym to przypadku bicie nazwać można pojedynczém: ciężarém bowiem płynów, częstokroć ich bicia czyli uderzania znacznie się odmiieniają.

## §. VI.

Doświad-  
czenie ty-  
czące się  
prostego  
bicia wo-  
dy.

Siła bicia doświadczeniém oznaczyć się może: używając się do tego naczynię stałe wodą napełnione, mającę przyprawioną krótką rurkę walcową cienką, z której to rurki strumień wodny mało co ciężący, wytryskując, pada na płaszczyznę drewnianą lub metalłową, zawieszoną na jednym końcu drążka, na którego drugim końcu kładzie się ciężar dla przyprowadzenia go do równowagi. W tym bowiem razie prawie wszystkie cząstki białe żyły wodnéj, w tymże samym kierunku uderzają, i równą prędkością, której wysokość a, prawie wynosi  $\frac{1}{2}$  wysokości stałej wody w naczyniu, podstawa zaś żyły prostopadłej  $b^2$  równa się otworowi rurki (Roz. II. 10.). Tym sposobem przekonano się, że gdy żyły pionowéj średnica nie dochodzi cała, średnica zaś płaszczyzny pozioméj trzy lub cztery razy więk-  
sza

szą jest ód niey, siła bicia prostego mało co mnieyszą, a prawie równą jest ciężarowi słupa prostego wody zab<sup>2</sup> (Bossut). Prawda, że ilość bicia powiększą się nie co w tym razie przez ciężar wody skupionéy na płaszczyźnie pozioméy. Ale w takich doświadczeniach uważa się i w rachunek wchodzi wysokość wody w naczyniu od iéy powierzchni, aż do saméy płaszczyzny na którą bié, gdyż żyła ciężkością swoją ustawicznie bieg swój przyspiesza.

### §. VII.

Niech ABHI wyraża naczynie nieskończenie wielkie, wodą napełnione aż do AB, mające otwór przy FG, niech będzie LM przecięciem walcowém żyły zwartéy przez FG wytryskującéy. Zatkamy otwór poziomy FG rurką pionową FD EG mającogo za podstawę płaszczyznę poziomą DE, część zaś rurki FLMG niech ma kształt żyły zwartéy, część zaś druga LDEM niech będzie walcową, w tym razie płaszczyzna DE wytrzymywać będzie parcie od ciężaru słupa wodnego ab<sup>2</sup> mającogo za podstawę płaszczyznę DE = b<sup>2</sup>, za wysokość zaś DC = a, to jest wysokość wody po nad tąż płaszczyzną, aż do iéy powierzchni w naczyniu. Parcie to na płaszczyznę rzerzoną zawsze zostanie = ab<sup>2</sup>, chociażbyśmy całą część rurki walcową LDEM, odiegli, byleby taż płaszczyzna

Siła bicia prostego na płaszczyznę równą podstawie żyły bicia.

Fig. 117.

zna nieruchomie była przytwierdzoną. Eo-  
lubo na tén czas słup wodny EC dotém od-  
chodzi, z tém wszystkiém nie z jego wyso-  
kości nie uhywa, dla stałej pełności naczyn-  
ia, a zatém ténże sam ciężar nieustannie  
utrzymuje płaszczyznę DE. Widoczna zaś  
jest, że odjąwszy część LE walca, żyła  
wodna wprost bje na płaszczyznę DE,  
a woda w przecięciu LM, ma prędkość od-  
powiadającą wysokości LC (Roz. II. 5.)  
gdyż tu się bierze długość LD znaczney  
wielkości (4.). Wnosi się więc, że bio-  
rac wodę za bezciężką bicie proste żyły  
wodnej na płaszczyznę równą podstawie  
żyły, lub przecinkowi prostopadłemu do  
jego o.i, bicie mówię takowé, równa się  
ciężarowi słupa prostego wody, mającego  
za podstawę tęż płaszczyznę, za wysokość  
zaś wysokość odpowiadającą prędkości  
żyły. Siła więc takowego bicia wyró-  
wnywa połowie siły bicia prostego na  
płaszczyznę nieskończenie wielką (5.).

### §. VIII.

Podobnymże sposobém oznaczyć mo-  
żn i siłę bicia ukośnego na płaszczyznę ró-  
wną przecięciu żyły białej. Niech bo-  
wiem N wyraża szrodek płaszczyzny DE,  
niech oraz płaszczyzna iakakolwiek OP  
przecina walec LE przez szrodek N, pod-  
 kątém QNP = r, płaszczyzna OP nieru-  
chomą, po odcięciu spodniéj części rurki  
Fig. 117. nie będzie mogła utrzymać całego ciężaru  
wodnego.



wodnego  $ab^2$  lecz tylko część jego. Damy, że linia pionowa  $NR = ab^2$  gdzie  $a$ , wyraża średnicę słupa,  $CP$  wysokość,  $NQ = DC$ , zaś  $b^2$  wyraża przecinek prostopadły lub podstawę strumienia  $DE$ , poprowadźmy  $RO$  prostopadłą do  $OP$ , a tak ciężar czyli siła  $NR$ , będzie się mogła rozłożyć na dwie inne siły  $NO$  i  $OR$  z których pierwsza będąc równoległą do płaszczyzny  $PO$ , nie działa na nią, (gdyż tu bierze się woda za bezciężką) drugą zaś  $OR$  całkiem wytrzymaie płaszczyzna. Jest zaś  $OR: NR = \text{Wst. } r: 1$ , gdyż  $ONR = NOL = QNP$ . Przeto bicie ukośne na płaszczyznę  $OP = ab^2$ . Wst.  $r$ , to jest, gdy szrodek  $N$  płaszczyzny  $OP$  utrzymaie się siłą równą ciężarowi  $ab^2$ . Wst.  $r$  w kierunku prostopadłym do niej, na ten czas płaszczyzna ta zostaje, w równowadze, i bicie wody z naczynia wypadającego, nie może ię wzruszyć. Ogólnie więc wnieść należy, że bicie strumienia bezciężkiego, z pewną prędkością  $c$ , na płaszczyznę przecinkowi ięgo równą, wypadającego, równa się ciężarowi słupa prostego płynu, mającego za podstawę przecięcie prostopadłe strumienia, wysokość zaś odpowiadająca prędkości  $c$ , rozmnożony przez wstawę kąta pochyłości płaszczyzny do osi strumienia.

## §. IX.

Z

## §. IX.

Bieg wody  
na ciała  
w niej za-  
nurzone.

Fig. 118.

Niech będzie ciało E całkiem zanurzone w rzecę, który wszystkie cząstki iednakową prędkością c, w jednymże kierunku AB płyną; w takowym razie rzeka będzie na przednią powierzchnią BD ciała E. Wykryśliwszy więc graniastostup ABDE na podstawie BD, mający oś równoległą do kierunku AB rzeki, takowy graniastostup wodny będzie żyłą nieokreśloną wielkości, bieżącą na powierzchnią BD równą przecięciu jego. A ponieważ przypuszczamy tu, że rzeka ma kierunek poziomy, strumień więc AD płynąc wolnie utrzyma się od wody otaczającej, a przeto tak płynie iakby wcale był, bezciężkim, i razem bieg jego doświadcza przeszkody od zanurzonego ciała E. A że woda z drugiej strony FHIG uchodzi, woda więc poboczna ciała E, wpadając w miejsce próżne przy FG, nagłona jest ciężarem rzeki, a przeto prędzej płynąc poczyną, a tak żyły poboczne, DGML, BFON, ustępując parciu żyły bieżącej ABDE, ściskane są i odpięrane od ciała zanurzonego, przez co cieńszymi się stają, między RS i LM lub między PQ i NO, tyle teraz co i przedtym odchodzi wody; ale ponieważ ona teraz bystrzej płynie, przecięcie SL lub QN mniejsze jest od przecięcia DL lub BN, i tak tedy żyła wody ABDE rozłana, w koło ciała między BiQ, DiS, i t. d. spływa.

Wo-

Woda zaś obléwająca ciało E, odpięraną jest zewsząd od tegoż ciała, częścią parcią żyty rozlaney ABDE; parcie zaś to pochodzi już to od biegu téżże żyty ku AB, już od iego tylko ciężaru. Zaczém niższą wodą bardziéy jest odpięraną, iak wyższą, żyta zaś bieżąca, spływając tém bardziéy na dół idzie, im jest grubsza, i z mnieyszą prędkością ku AB bieży; gdyż tém bardziéy parcie od iey ciężaru pochodzące przewyższa parcie pochodzące od biegu ku AD. Wszakże woda przed ciałem będącą, nie może w tymże samym momencie, w którym ścisną się ustąpić na bok, lecz potrzebuie do tego pewnego czasu, przez tén więc czas woda się skupia, a nie mogąc zgęszczać się wznosi się po nad powierzchnię rzeki, a tak bardziéy pre na ciało, aniżeli woda tylna, przez co moc bicia powiększa się.

## §. X.

Podóbnie się dzieie, gdy ciało E, nie w wodzie, lecz w powietrzu zanurzone, doznaie bicia od wiatru, lub żyty powietrznęj ABDE, w biegu zostaiący. Wszakże dwoma rzeczami bicie powietrza różni się od bicia wody. A nasamprzód ciężar żyty powietrznęj iako nader mały, nigdy nie może znacznie odmiénic bicia, lecz żyta ta rozprysknąwszy się w koło ciała, iednostaynie uchodzi, tak iak gdyby była beczieżką, gdy przeciwnie żyta wodna

Bicie powietrza na  
ciała  
w po-  
wietrzu  
ziemskiem  
zanurzone

Fig. 113.

nader się na dół zwraca. Powtórę powietrze przed powierzchnią BD, zawsze mniey lub więcéy zgęszcza się, czego nie mogąc uczynić woda wznosi się; zgęszczanie się zaś to, tém większe bydz musi, im trudniéy powietrze ustępuje na boki, i z jm większą mocą obija się o ciało. Zgęściwszy się znacznie przed ciałem, a rozrzedziwszy się za témże ciałem, bicie swoje na toż ciało, znacznie powiększa z przyczyny sprężystości.

## §. XI.

● odbicie  
proste i  
ukośne.

Gdy ciało E w wodzie lub w powietrzu spokojném zanurzone, bieży, doświadczają odporu czyli odbicia, które nie od innéy przyczyny pochodzi tylko od wzajemného uderzania się. Wszystko jest iedno, czyli płyn bieząc pewną prędkością działa na ciało spoczywające, czyli też ciało tąż prędkością bieząc działa na płyn spoczywający: w obydwóch razach uderzanie się ciała z płynem jest to samé. Jeżeli powierzchnia przednia BD jest płaska, i ciało samo bieży w kierunku BA do téżże powierzchni prostopadłym: Odbicie (renisus) doznane od ciała jest *proste* i moc iego równa mocy bicia prostego płynu w tymże kierunku bieżącého na ciało spoczywające. Jeżeli zaś ciało bieząc innym jakim kierunkiem ukośnym do BD bieże na płyn, na ten czas odbicie jest *ukośne*; z czego się okazuje, że cokolwiek się mówiło o bicia

o biciu prostém i ukośném, na ciała zanurzone w płynach, toż samo może się rozumieć o odbiciu prostém i ukośném.

## §. XII.

Gdy ciało E w rzęce lub powietrzu całkiem zanurzone jest małe, ciężar też żyły biłający nań nader mały bydz musi, a przeto woda lub powietrze przed ciałem takowém małe co skupiać się będzie, bicie zaś przez to prawie nic wcale nieodmieni się. Dowodliwa jest, że w tym przypadku bicie taką ma dzielność, jakaby miało, będąc zupełnie wolne, gdyby płyn był bezciężki: to jest jeżeli powierzchnia BD płaską, jest prostopadłą do AB, to wprost bicie równać się będzie ciężarowi słupa wodnego lub powietrznego, mającego za podstawę płaszczyznę BD, wysokość zaś odpowiadającą prędkości rzeki lub wiatru (7.). O téj prawdzie przekonywają doświadczenia czynione przez JP. Mayotta i innych Fizyków.

Siła bicia  
prostego  
na ciało  
małe  
w płynie  
zanurzone

## §. XIII.

Kulę ADB mającą szrodek C, zanurzywszy całkiem w rzęce tak, żeby szrednica iej AB była prostopadła do kierunku rzeki FC, kula ta partą będzie od tegoż samego strumienia czyli żyły MABE od którego i iej koło wielkie AB byłoby parté, gdyby półkulę AIB było odcięte. Lecz ponieważ aż kierunek bicia strumienia w tych  
dwóch

Bicie na  
kulę.

Fig. 119.



dwóch przypadkach nie jest jednak, to jest prostopadły na koło, a ukośny na powierzchni kuli, wyiawszy średni ięć punkt, na który bicie płyn w kierunku FC prostopadłym, musi więc zachodzić różnica między temi dwoma biciami. Niech będzie żyłka płynu HGL równoległa do żyłki FC, linia zaś GI styczną do FC, kąt HGI pod którym taż żyłka bicie na punkt G, nazwiemy  $r$ ; bicie więc to, będąc ukośnóm, mniejsze bydz musi od bicia prostego na punkt L, koła wielkiego. P. de Borda odkrył przez doświadczenia (Pamię. Akad. Paryż, w R. 1767.) że siła bicia na kulę wynosi tylko  $\frac{2}{5}$  siły bicia prostego na koło wielkie téżże kuli. Skoro więc kula zanurzona w płynie jest mała, bez żadnego znacznego uchybienia, brać można bicie proste rzeki na ięć koło wielkie za równę ilości  $ab^2$  (12.) a przeto bicie na samą kulę  $= \frac{2}{5} ab^2$  który to wyraz służy i biciu powietrza na kulę małą i onęży odbiciu.

## §. XIV.

Dáymy, że wiatr równą prędkością bicie prostopadle na podstawy dwóch walców, których podstaw średnice AB i CD są w stósunku 1:2, a przeto same podstawy będą także w stósunku 1:4. Bicia więc w tym razie biorąc powietrze zaówno gęste i sprężyste, a ciężarém sw oim nie prawie nie odmińniając bicia (10.) . Niech AILB, CMND wyra-

Odpór ciąż  
w powie-  
rzu.

Fig. 120.

wyrażaia strumienie w. leowe powietrza bieżące nakoła AB i CD; z których pierwszego przecięciem nich będzie płaszczyzna EF równoległa do AB, drugiego zaś płaszczyzna GH równoległa do CD tak żeby było  $AE = CG$ . Powietrze przed podstawą AB zawarte między AB i EF uchodzić będzie po powierzchni ABFE, powietrze zaś przed podstawą CD uchodzić będzie po powierzchni CDHG. Ma się zaś powietrze między AB i BF do powietrza między CD i GH, iak 1:4, powierzchnia zaś ABFE do powierzchni CDHG iak 1:2. Gdy więc równe cząstki powietrzne równą siłą uderzaia na każdą z obydwóch podstaw, cząstki te przed podstawą AB łatwiej i.a bok ustąpić mogą, a tém samém mniej się zgęszczają, iak te, które są przed podstawą większą CD; przeto bicie całkowite na płaszczyznę CD ma się do bicia całkowitego na płaszczyznę AB w większym stosunku iak 4:1. Taż sama prawda służy i biciom ukośnym iczeli prędkości są iednakię. Jakoż doświadczenie samo przekonao, że odbicia cię podobnych równą bieżących prędkości i w jednymże kierunku przez powietrze, nie są w stosunku powierzchni obijających się o toż powietrze, lecz powierzchnia większą zawsze nieco większego odbicia doznac, a niżeliby doznawać powinna podług stosunku swojej wielkości; i owszén przekonano się, że odpór

którego toż samo ciało, już prędzcy już powolniey przy innych równych okolicznościach bieżące przez powietrze doznaje, jest w stosunku kwadratowym prędkości jego (Borda). Skąd się wnosi, że odpór kul małych, iakiemi są kule średnicy 1. lub 2 caliów przez powietrze bieżących prawie zawsze równy jest ciężarowi stupa powietrznego  $\text{gub}^2$  (12. 13.) bądź te kule prędzcy, bądź powolniey bieżą, co nie służy kulóm większym.

## §. XV.

Opór ciał  
plywających.

Fig. 121.

Okręty lub inne ciała pływające w części zanurzone pionowo w wodzie stojącej, a nagłone od wiatru lub innéy jakiegokolwiek siły, doznają oporu od wody BEFA która jest prostopadła do płaszczyzny ich przedniéy DE, kiedy te bieżą w kierunku AB. Jeżeli więc okręt lub inné ciało wysokości DE zanurzone jest tylko częścią BE téżże wysokości, którą się zwać zwykła głębokością zanurzenia pionowégo, tedy wodą płaszczyzną ciała pływającego parta wznosi się w górę po nad powięzchnią iej AB n. p. aż do C, i razém w kóło ciała i dołé wchodzi, nie mogąc już wyżej się podnieść, przez co opór ciała powiększa się w stosunku prędkości bieżącego. A że gdy woda się wznosi przed przednią częścią ciała pływającego, zostawia za sobą miejsce próżné, do którego woda poboczna własnym ciężarém nagłona wchodzi, i napenia

pełnia ić, (a do tego trzeba niejakiegoś czasu) wnieść więc należy, że ciało pływające, im jest krótsze, a część jego tylna szersza, tém też opor iemu bydz musi większy; o czém następujące doświadczenia przekonują. Dwa graniastostupy proste DA, EH, równie głęboko na  $12'' 5\frac{1}{2}'''$  zanurzone równy szerokości  $19'' 8'''$  z których pierwszy jest długi na 6 stóp, drugi zaś tylko na dwie stopy, graniastostupy mówię takowe, równą prawie prędkością płynąc w wodzie stojącey, to jest krótszy upływając stóp 2, 55; dłuższy stóp 2, 78; w jedné sekundzie, doznały oporu prostego nierównego, to jest krótszy 13, 6 funtów, dłuższy tylko 12, 6 funtów. (nowe doświadczenia około oporu płynów przez JP. d' Alembert, de Concordet, Boscuit). Graniastostup AD naglony do biegu pionowo prędkością prawie 2 stóp, doznał oporu prostego 7, 75 funtów. Inny graniastostup podobny IN zanurzony na  $12'' 5\frac{1}{2}'''$  szeroki na cztery stopy, a długi na  $19'' 8'''$  równą prędkością naglony, doznał oporu 30 funtów. W tym przypadku, gdyby nie trzeba było mieć względu na parcie wody na graniastostup, pochodzące z nierówności wysokości przed i po nim, odpory proste bezwątpienia byłyby w stósunku powierzchni przednich graniastostupów, czyli linii AB, LI a przeto w stósunku  $19\frac{2}{3} : 48 = 59 : 144$ . Ale na ten czas opór prosty

Fig. 124.

sty graniastosłupa IN bydzby musiał 19 funtów tylko, gdy jest w rzeczy saméy 30 funtów.

## §. XVI.

Opór pro- waiących, należy náywiększy - mieć  
sty ciąż - względ na zwrót wody na dół popchnio-  
nych czę- ney. Gdy bowiem strumień popchnięty  
stokroć - jest znaczney grubości i ciężkości, bieg zaś  
nader się - ciąż płynących nader mały, na ten czas náy-  
zmniejsza - większa część takowey żyły wody obita  
od ciężaru - na dół się zwraca, a tak przez to, bicie na  
wody. płaszczyznę prostopadłą do kierunku wo-  
dy, z prostego zamiénia się niciało w u-  
kośné, a tém samém zmniejsza się.

Fig. 125.

Zmniejszenie się to, iak uczy doświadczé-  
nie, częstokroć jest bardzo znaczne. I tak  
łódka mająca kształt graniastosłupa prosté-  
go, w tylhéy części kończasta, szerokości  
 $AB = 1$  stóp, długości  $BC = 4$  stóp, dłu-  
gość zaś kończastości  $= 2$  stóp, łódka mó-  
wię ta zanurzona w wodzie do głęboko-  
ści iednéy stopy, a nagłona w stronę AB  
biegiem prostopadłym, w kierunku CB tak,  
żeby iednostaynie na każdą sekundę prze-  
biędz mogła 2, 3 4 stóp, doznała odporu  
prostego 5, 8 125 funtów. W tym razie  
podstawa strumienia  $b^2 =$  iednéy stopie  
kwadratowéy, wysokość zaś a odpowia-  
dającą prędkości 2, 3 4 stóp  $= \frac{2, 34. 2. 34}{60, 4}$

60, 4  
0,



0, 0906, a przeto ciężar słupa wodnego  $ab^2 = 6, 342$  funtów, gdzie stopa sześcienna wody bierze się za ważącą 70 funtów Paryzkich. Bicie więc pojedyncze proste jest większe od tego ciężaru, gdyż płaszczyna, na którą woda biele, większa jest od żyły wodney (5. 7. 13.). Ale bicie rzeczywiście było mnieysze prawie ilością 0,53 funtów, a przeto znaźnie zmniejszone przez zboczenie żyły. Inną łódka FGHIL mająca szerokość  $FG = 2$  stóp długość  $FH = 4$  stóp, długość kończastości  $HLI = 2$  stóp zanurzona do głębokości niedney stopy, a nagłona prostopadle w kierunku HF prędkością 1, 89 stóp, doznała oporu 7, 75 funtów. Jest zaś tu  $b^2 = 2$  stóp kwadratowych, a  $a = 0, 059$  stóp, przeto ciężar słupa wodnego  $ab^2 = 8, 274$  funtów. Iecz odpór z przyczyny zboczenia strumienia mniejszy był od tegoż ciężaru 0,52 funtami.

## §. XVII.

Łódka (navicula) mająca kształt graniastosłupa prostego szeroka na 19" 8''' długa na 6 stóp zanurzona w wodzie raz do głębokości 7" 10''' drugi raz do głębokości 12" 5 1/2''' trzeci raz do 15" 10'', a w każdym razie prostopadle nagłona do biegu, równą prawie prędkością 3 stóp, doznała oporu w pierwszym razie 13, 06; w drugim 18, 4, w trzecim nakoniec 23, 25 funtów, acz stó-

Im głębię się ciało zanurza w wodzie tém bardziey przyrównych

okolicz-  
nościach  
opór jego  
zinniejszą  
się.

stósownie do głębokości, odpory te bywały były powinny w stósunku 13, 08; 20, 7, i 26, 4 funtów. Skąd się wnosi, że płaszczyna jakakolwiek prostopadle do kierunku rzeki zanurzona, przy równych okolicznościach, tém mniejszego doznaje oporu, im głębiej się zanurza. Który to skutek przypisać należy tém łatwiejszemu zwróceniu się na dół żyty białący, im ciało głębiej jest zanurzone. Tu także wyrozumieć można, dla czego w jakiegokolwiek głębi zanurzwszy płaszczynę, opór ten, przy równych okolicznościach, powiększa się w większym stosunku a niżeli onejże szerokości.

## §. XVIII.

Wzrost słup FL pod § 16 opisany, zanurzony w wodzie do głębokości jednej łapy, ciężarém 7, 75 funtów prostopadle do biegu, biegł prędkością 1, 895 prędkością zaś 23, 25 funtów, naglony biegł prędkością 3, 177 stóp. Miał się zaś kwadrat prędkości 1, 895 do kwadratu prędkości 3, 177, jak 7, 75 do 21, 8; przeto opory proste były w rzeczy samej w większym stosunku, to jest, 7, 75: 21, 25, a niżeli stósunek kwadratów prędkości. Co przypisać należy nie jednakowemu zwróceniu się na dół żyty białący na płaszczynę przednią ciała zanurzonego, przy odmiennych prędkości biegu jego. Tu także wyto-

maczyć można, za co toż samo ciało więk-  
szego doznało oporu w kanale, lub rzecie  
miałkiéy i wąziéy, a niżeli głębsziéy i  
znaczney szerokości (dzieła Franklin  
Tom II) czego właśnie doświadczyć można  
na statkach.

## §. XIX.

Dáymy, że przedniá powierzchnia ia-  
kiego ciała, składa się ze dwóch prostoka-  
tów równych  $AB$  i  $BC$ , zanurzwszy ją  
w rzecie pionowo do pewnéy iakiéy głębo-  
kości  $p$ , tak jednakże by  $BF$  kierunku rzeki  
jednak miał pochyłość do obydwoh rzec-  
czonych prostokątów. Niech  $AC$  wyraża  
przecięcie prostopadłe czyli podstawę  
strumienia białcégo  $LACM$  a niech znaczy  
wysokość prędkości rzeki odpowiadającą,  
r zaś kąt  $FBC = FBA$  będzie więc bicia  
ukośné, poiedynczé na  $AB$  i  $BC = a$ ,  $AC$ ,  $p$   
Wst.  $r$ , gdzie płaszczyzny  $AB$  i  $BC$  uważają  
się iako nie wcale nad wodę nie wychodzą-  
cé (8.). Poprowadzmy linie  $FE$ ,  $FH$ ,  
prostopadłe do  $BC$  i  $BA$ , i linią  $HE$  przeci-  
niącą  $BF$  w punkcie  $G$ , a tak siły bicia na  
płaszczyzny  $BC$  i  $BA$  iako prostopadłe wy-  
razić się mogą przez linie  $EF$  i  $HF$  a przeto  
rozebrać się na siły  $EG$ ,  $GF$ , i  $HG$ ,  $GF$ . A  
że siły  $EG$ ,  $HG$ , równé i wprost przeciw-  
wległe sobie, znoszą się nawzajem, siła zaś  
 $GF$  ma się do  $EF$  iak Wst.  $r$ : 1, a zatem  
 $2GF = a$ ,  $AC$ ,  $p$  Wst.  $r^2$ . Tą więc siłą  
 $2GF$

Fig. 126.  
czy pionowo za-  
nurzonych  
w wodzie

2GF cała powierzchnia przednia ciała ABC, po nad powierzchnią wody niewychodzącą nagłona jest ku BF, i taka też jest siła oporu pojedynczego. Ciała zanurzonego w wodzie stojącej, bieżącego w kierunku FB, prędkością wysokości  $a$  odpowiadaiać.

## §. XX.

Doświadczenie naucza, że opór rzeczony w istocie samy zawsze przewyższa ciężar wody słupa prostego  $a$  AC. p Wst.  $r^2$ , a to tem bardziey, im kąt ACB jest mniejszy. I tak graniastosłup AE wyżej wzmiankowany (16.) w wodzie stojącej zanurzony do głębokości iednėy stopy, ciągnąc za punkt E w kierunku BC prostopadłym do DC, ciężarém czyli siłą 4, 9 funtów, graniastosłup ten iednostaynie uchodzi na każdą sekundę przez 3, 367 stóp. A ponieważ w przeciągu sekundy ciała wolnie u nas spadają z wysokości 15, 1 stóp, i spadkiem tym nabywają prędkości 30, 2 stóp, będzie się więc mieć wysokość 15, 1. do wysokości  $a$ , iak kwadrat prędkości 30, 2 do kwadratu prędkości 3, 367; przeto

Fig. 125.

$$a = \frac{3, 367 \cdot 3, 367}{60 \cdot 4} = 0, 18769 \text{ stóp. Ale}$$

AC. p (19.) czyli przecięcie żyły prostopadłej wynosi tylko iedną stopę kwadrato-  
wą, gdy AC i p, jest tylko iednėy stopy.

Kat

Kąt  $2r$  czyli DEC jest (Fig. 125)  $= 28^\circ 6'$ , stąd  $r = 14^\circ 3'$ , Wst.  $r = 0,24277$ , Wst.  $r^2 = 0,058937$ . Zatem słup wodny  $a$ , AC. p Wst.  $r^2$  stóp sześciennych, waży funtów  $0,76$ , gdy tym czasem iak wiemy, iedna stopa sześcienna wody  $= 70$  funtów. Opór więc poiedynczy daného ciała wychodzącego nie co po nad powierzchnią wody, większybydź musi od  $0,76$  funtów. Jest zaś w tym razie opór prawdziwy składany  $= 4,9$  funtów, przeto większy jest iak 6 razy. Tym tedy sposobem wszystkie bicia podobné ukośnić, powiększają się podobug doświadczenia. i to także gdy kąt  $2r$  większy jest od prostého, wtedy opór mało co przewyższa ciężar słupa wody prostego,  $a$ , AC. p Wsta  $r^2$ ; im zaś kąt  $2r$ , bardziéy maleie, tém téż tén odpór większym się staje od rzeczoného ciężaru i tak n. p. dwa razy wtedy kiedy  $2r = 53^\circ$  sześć razy, gdy  $2r = 28^\circ$ . Który to skutek przypisać należy nie iednostaynému ustępowaniu żyty ukośnie biącego na płaszczyznę, ta zaś nieiednostayność pochodzi od ciężaru płynu.

### §. XXI.

Ponieważ strumién biący nie iednostaynie spływa z płaszczyzny, gdyż nie iednako się rozdziela, przeto niektóre iego promienie większą, a niektóre mniejszą mocą bią na płaszczyznę. Gdyby n. p. AB promién

W każdym biciu ukośném nie-



które  
cząstki ży-  
ty wody  
większą,  
a niektóre  
mniejszą  
siłą biał.

Fig. 128.

Fig. 129.

mięń płynę obiwszy się o ciało iakie pro-  
stopadłe się załamał ku BC wszystkie bieg  
pierwiastkowy od A do B straciłby, zatem  
siła bicia jego byłaby równa sile, od której  
pochodzi ten bieg pierwiastkowy (2.).  
Jeżeli by zaś tenże promień AB. przez obi-  
cie się wziął kierunek BD pod kątem roz-  
wartym ABD, na ten czas siła jego bicia  
będzie mniejsza; gdyż bieg BD rozebrać  
się może na biegi BC i CD który ostatni  
bieg CD jednego jest kierunku co i AB a tak  
promień AB niewszystek bieg początkowy  
swój ku B traci, lecz pozostaje część biegu  
tego CD. Jeżeli nakoniec tenże promień  
AB pod kątem ostrym ABE obity, bierze  
kierunek BE, siła bicia większa być musi  
od siły sprawującej bieg AB, ponieważ ona  
nie tylko niszczy cały bieg AB, ale też iesz-  
cze nowy bieg wprost przeciwny CE rodzi.  
Gdy więc strumień wodny ukośnie bie-  
że w kierunku HC na płaszczyznę AB, ponie-  
waż w tym razie bieg HC rozebrać się mo-  
że na dwa biegi, jeden ku CD, lub ED,  
drugi prostopadły do płaszczyzny AB, po-  
prowadziwszy więc FG prostopadłą do ED  
cząstki wodne płaszczyzny IG, tak biał na  
płaszczyznę AB, iak gdyby sam strumień  
bił wprost, a to z przyczyny kątów HCG,  
HCF prostych, cząstki zaś ku CD uchodzą-  
ce najmniejszą, a cząstki ku CE spływają-  
ce największą obijają się siłą; gdyż kąt HCD  
jest

jest rozwarty, kąt zaś HCE ostry. Wszakże gdy strumień bierze się za bezcieżki, siła całkowitego bicia, zupełnie tak sama będzie, iak gdyby cały strumień ku CD zwrócił się: bo bicie z jednej strony powiększa się biegiem wody ku E, ale razem z drugiey strony zmniejsza się, z przyczyny powiększoney prędkości ku D. Im bowiem większy jest bieg ku BD. (Fig. 128.) tém większy też jest bieg CD, przy którem to biegu promień AB wody obity zostaje po swoim obiciu się.

§. XXII

Stąd łatwo wyrozumieć można, że bicie ukośne żyły wodney, albo się powiększa albo zmniejsza, z przyczyny ciężkości promienia wody. Jeżeli bowiem żyła bicia własnym ciężarem nagłona jest ku CD większą ięć część iak w biciu poedyńczem, w tęż stronę się zwraca, a przez to bicie składane mnieysze się staje od podobnego bicia poedyńczego; o czém właśnie i doświadczenie przekonywa. Doświadczyć bowiem można, że żyła pionowa bicia na płaszczyznę ukośną AB. zmniejsza bicie swoje tém bardzię, im płaszczyzna rzeczona jest ukośnieyszą, to jest, im większą częścią ciężaru swojego żyła jest nagłona ku CD (Bojsut). Lecz jeżeli żyła ciężarem swoim nagłona jest ku CG, lub CE, lub CF, lub innym iakimkolwiek kierunkiem

Bicie ukośne żyły wodney niekiedy powiększa się; a niekiedy zmniejsza się ięć ciężaru.

Fig. 129.

A

kiem

kiem posrzednim; bicie ukośne powiększy się, a to z przyczyny zwracania się większćy części żyty w tym kierunku, mniejszćy ku CD, iak w biciu podobnćm pojedynczćm; a że w tym przypadku, iakćśmy inż wyżćy widzieli (20.) strumień wodny własnćm ciężarćm naglony, zawsze dąży na dół kierunkićm pionowćm czyli prostopadlćm do poziomću rzćki; nie dziw więc, że w tym razie bicie ukośnć złożonć, wićksze jest od bicia pojedynczćgo takż ukośnćgo na płaszczynć niewychodzącć po nad powierzchnić wody: tćm zaś wićksze jest, im pochyłość iego jest mniejsza, zwićszcza gdy woda sřednić strumienia przy C lub A spływaić, musi przebiećć całą długość BC i BA, a przeto równie nie łatwo parciu ustąpić może, iak i woda sřednić strumienia iakićgo, prostopadle na płaszczynć  $= AB + BC$  białćgo. A tak znacznie się zbiera woda osobiwie koło B i parcićm swoićm na płaszczynć BC i BA bicie albo opór powićksza (17.).

## §. XXIII.

Nie masz potrzeby głćbić się zapędzić  
Przez 20- w badanić prawa, podług którćgo pod ką-  
krzywio- żda wielkością kąta pochyłości r, bicie  
nie przed- ukośnć na płaszczynć ABC powićksza się  
k 6 // z przyczyny ciężaru żyty wodnćy. Bicie  
takowć znacznie się zmniejszyć może,  
daiać

dając ciążu pływającemu przednią powierzchnią zewsząd zakrzywioną i do powierzchni wody pochyłą, jaką właśnie mają przody okrętów. Niech bowiem ACD wyraża przecięcie równoległe do kierunku rzeki pionowo przechodzące przez szrodek iakięgo okrętu. Poprowadźmy linią AB pionową do linii pozioméj FG, bicie żyły wodnéj pozioméj EADF na AD nierównie mnieysze będzie od bicia téżże żyły na AB; ponieważ nie tylko bicie na AD jest ukośné, ale też i promienie żyły wszędzie jakimś kierunkiem AG do kierunku rzeki EA, pod kątem rozwartym EAG pochyłym na dół własnym ciężarém są nagłone, przez co bicie znacznie się zmniejsza (22.). Niech jeszcze CAB będzie przecinkiem poziomym przodu statku, którego płaszczyzny DC i EB równoległe do kierunku rzeki dotykają się w C i B, płaszczyzny zaś pionowe AD i AE, dotykają się przy A; poprowadźmy do iakiégokolwiek punktu A styczną HI, tym sposobém uformuje się kąt FHI, pod którym promień wody FGH obija się o przodek statku, i który rozwartszy jest od kąta FCE kąt zaś FGE jest kątem pochyłości tegoż promienia białącego na płaszczyznę pionową AE, zaczęm bicie przy H mnieysze jest jak przy G. Skąd się wnosi, że bicie wody na przody okrętów zewsząd

w statkach  
odpór wo-  
dy znacz-  
nie się  
zmniejsza

Fig. 120.

Fig. 131.

zakrzywione, nie tylko mniejsze jest iak na też przody płaskie i pionowe, ale też bez wątplenia mniejsze jeszcze byłoby, iak na przody po nad wody, niewychodzące, gdyby woda była bezcieżka; ponieważ żyła wody, ciężarém swoim wszędzie jest nagięta w kierunku, pod kątem rozwartym do kierunku rzeki pochyłym.



## X I E G A V.

*o biegu Ciał Niebieskich.*

## R O Z D Z I A Ł I.

*o obrocie i siłach odśrodkowych  
(vis centrifuga).*

## §. I.

Powiedziało się wyżej, (Wstę. IV. 12.) że bieg ow spólny, którym słońce, księżyc i inne ciała Niebieskie około ziemi, w ciągu 24 godzin od wschodu ku zachodowi zdają się obracać, jest tylko pozorny, i że n oże pochodzić od obrotu ziemi od zachodu na wschód. Rzecz ta tćm bardzićy do prawdy zdaie się podobną, im słońce ogromnością swoją przewyższą ziemię i prawie nieskończenie jest od nićy odległe (Wstę. IV. 6.). Gdyby się słońce iako też inne ciała Niebieskie obracały około ziemi, prędkość ich obrotu musiałaby bydz niezmiernie wielką i poięcie przewyższającą. Dla iakićyż przyczyny wszystkie gwiazdy obiegacby mogły bezprzestannie ziemię biegićm iędnostaynym, i w równym zawsze czasie, kiedy odległości ich od ziemi nieskończenie od siebie są różne? iakże sobie wystawić można, że księżyc i planety porywane owym dziennym i nąypiędszym obro-

Dowodli-  
wá jest, że  
ziemia o-  
koto osi  
swoićy  
obraca się

obrotów, mogą odbywać biegi swoje właściwe zawsze forémnie. Coż tu mówić o kometach, którym także bieg ow spólny służy? wszystko to łatwo się wyłożyć może przez obrót ziemi.

## §. II.

Nader więc dowodliwé jest, że kula ziemna obraca się około osi swojej, tak iak słońce i planety. Gdy ciało stałe obraca się około jakowéys linii, którą osią obrotu nazywamy, wszystkie iego punkta obiegają łuki kół równoległych, mających płaszczyzny prostopadłe do téjże osi; łuki te są wymiarami kątów, które się robią przez dwie linie, od tych punktów do rzodka każdego takiego łuku prowadzonych. Ciało stałe mieć dwa punkta A i B niewzruszone, jeżeli jest w biegu, musi się w koło obracać, a nawet tak, że oś obrotu przechodzić będzie przez punkta A i B.

Fig. 132.

Damy bowiem, że iakążkolwiek cząsteczka D ciała będącá za linią AB, w jakimkolwiek czasie przechodzi z D na E; podzielimy linią DE na dwie części równe,  $DC = CE$ , poprowadzmy jeszcze DA, CA, EA, i DB, CB, EB, a będzie  $DA = EA$ ,  $DB = EB$ , i linie AC, BC, będą prostopadłe do DE, a tém samém linią DE będzie prostopadła na płaszczyznę ABC. Podobnymże sposobem, gdy cząstka D przyjdzie potem na iakie inne miejsce G, poprowadziwszy linią DG, i rozdzieliwszy ją na dwie

dwie części równe  $DH = HG$  ta linia  $DG$  będzie prostopadłą do płaszczyzny  $ABH$ . Przeto wszystkie takowe linie  $DG$ ,  $DE$  i t. d. znajdują się na płaszczyźnie prostopadłej do linii  $AB$ , która to płaszczyzna przechodzi przez punkt  $D$ , na niej więc znajdują się wszystkie miejsca cząstki bieżący  $D$ ,  $E$ ,  $G$ , i t. d. Niech też płaszczyzna przecina linią  $AB$  w punkcie  $F$  poprowadzmy linie  $DF$ ,  $EF$ , a zrobią nam się trójkąty  $ADF$ ,  $AEF$  równe i podobne. Jest zatem  $DF = EF = CF$ , i t. d. to jest cząstka  $D$  na owęj płaszczyźnie prostopadłej kręśli koło około środka  $F$ . Ze zaś, co się tu powiedziało o cząstce  $D$  ciała stałego, to samo okazać się może na innęj iakiękolwiek jego cząstce za linią  $AB$  lub  $AF$  będącą, wnieść więc należy, że całe ciało stałe obraca się około osi  $AF$ . i przeciwnie toż ciało musi się obracać, około osi swojej, gdy jego punkt którykolwiek obiega koło.

### §. III.

Gdybyśmy iakić ciało stałe obracające się około osi  $AB$  przecięli płaszczyzną do niej prostopadłą, przez którykolwiek punkt ięj  $C$  przechodzącą, cząstki ciała  $D$  i  $G$  na téjże płaszczyźnie znajdujący się i zarówno oddalone od punktu  $C$ , w równym czasie n. p. t, równe obiegają łuki  $DE$ ,  $FN$ , w tym zaś samym czasie t, inna cząstka  $G$ , odległa od osi na  $CG$ , na

też

Punktu  
ciała obró-  
cającego  
się małą  
niejednako-  
prędkość.

Fig. 138.

tęży samę płaszczyznie co i tamte znay-  
 bliąca się, obieży łuk GH, który ma się  
 do DF, iak CG: CD. Podobnież cząstka  
 L tegoż ciała, za płaszczyzną CF będącą  
 jednakie łuki z cząstką M w równym cza-  
 sie obiegać będzie, gdzie linia LM jest  
 prostopadła do płaszczyzny CF. Poło-  
 żywszy więc cząstki iakiękolwiek D,  
 odległość od osi  $CD = r$ , łuk zaś DF,  
 w danym czasie od tegoż punktu przebie-  
 żone  $= a$ , toż odległość IL punktu innego  
 iakięgokolwiek L, od osi, nazwawszy  $r$ ,  
 będzie łuk b, od niego w tymże czasie  $t$   
 przebieżony  $= ra$ .

## §. IV.

Jeżeli więc w ciele stałym około osi  
 niewzruszonęj obracając się iedną  
 którakolwiek cząstką D, iednostajnie  
 obraca się tak, iż łuk a, w każdym czasie  
 przebieżony jest zawsze w stosunku  
 nieodmiennym  $n:1$ ; inne też wszystkie  
 cząstki tegoż ciała iednostajnie obracać  
 się muszą. Ponieważ bowiem łuk  $b = ra$ ,  
 $a = nt$ , będzie  $b = rnt$ , przeto b: t będzie  
 też w stosunku stałym  $rn:1$ , bo się pro-  
 miień  $r = LI$  nie odmienia. A że biegów  
 iednostajnych prędkości są w stosunku  
 miayse w równym czasie przebieżonych,  
 przeto poniżej jest  $a: b = 1: r$ , będzie  
 prędkosć katową ciała stałego to jest łuk  
 a od cząstki iego D, odległy od osi na  $r$ ,  
 w przeciągu iedney sekundy przebieżony  
 bie-

Prędkosć  
 katową  
 (velocitas  
 angularis)  
 ciała obra-  
 cającego  
 się.

biegiem jednostaynym  $= \frac{p}{r}$  to iest: równą prędko'ci innégo iakiégokolwiek punktu L, rozdzielonéy przez r, odległość tegoż punktu od osi. Maiać więc znana prędkość katową iakiéykolwiek czastki ciała, można lędzie wynaléźć prędkość katową innéy czastki, byleby odległość iéy od osi była wiadoma.

## §. V.

Każdé ciało stałe bieżac albo postępuie, albo obracać się, albo razém i postępuie i obracać się, bieg więc wszelki zewnątrzny, to iest taki, iaki w ciele stałym znaydować się może, albo iest biegiem postępnym, albo biegiem obrotu, albo nakoniec biegiem z tych obydwóch złożonym. Bieg wewnątrzny ma tyfko mieyscé w ciałach tych, w których odległości punktów odmiéniać się mogą z przyezyny biegu, iakiémi są ciała płynné, albolitéz złożoné z wielu części oddzielnych, chociaź stałych, iakiémi są rozmaite silnie. Oś okolo któręy ciało stałe obracać się, bydz może albo nieruchomą, iak w kołach młyńskich albo ruchomą, iak w kołach wozowych. Oś nieruchomą iest albo stałą, to iest, zawsze sama sobie równołą, albo niestałą, czyli położénie swoie ustawnie odmiéniająca. Ciało bowiem stałe zaczawszy się obracać okolo iakiéy osi, może ją ustawnie odmiéniać.

Rozgarnięcie  
kowanie  
biegów  
osi



## §. VI.

Siła  
wśrzo-  
d-pędna (*vis*  
*centri-*  
*peta*).

Każdą cząstka ciała około osi swojej obracającego się, biegłaby raz wraz siłą bezwładności po linii prostey, gdyby siła spyności (*cohaerentiae*) bezprzestannie nie pociągala iey do osi (Xię. I. Roz. III. §. 2.). Gdyby więc w którémkolwiek micyacu czyli punkcie siła ta spyności działać przestała, tedy w tym samym punkcie cząstka ta odeszłaby w kierunku styczney do punktu obwodu, czyli drogi swojej (Xię. I. Roz. VI. §. 11.). Że zaś taka cząstka opisuje koło, którego szrodek przypada w przecięciu osi z płaszczyzną tegoż koła (2.); stąd iasno okazuje się, że cząstka ta będąc spoioną z resztą ciała pociągana jest do szrodka pewną iakaś siłą, tak iak n. p. kamień w procy pociągany jest od ręki, która też procy obraca, kierunek téy siły zawsze dąży do szrodka tego koła; i dla tego ona nazywa się siłą wśrzo-d-pędną (*vis centripeta*). Siła ta zawsze odmiénia kierunek punktu, nie odmiéniając prędkości (Xię. II. Roz. IV. §. 3.) punkt więc ten w koło swym bezprzestannie iednostajnie obracać się musi, chybaby inna iaka przyczyna bieg ten odmiéniała

## §. VII.

Punkt więc obracający się ciągniony  
Siład. jest do szrodka częścią siły spyności,  
spoy-

## O OBRO. I SIŁ. ODSRZOD. (VISCEN.) 395

spójność więc ciał zawsze się osłabia przez ich obracanie się; o czém samé doświadczenia przekonywają. Tak n. p. gdy siła wśrzedpędna wyrównywa szóstęć części całej siły spójności, spójność też osłabia się szóstą częścią w czasie obrotu, i widzenie tak się tu dzieie, iak gdyby punkt obracający się ciągnął nie, którą go ze szrodkim łączy siłą wyrównyującą szóstęć części spójności. Siła ta punktu obracającego się, nazywa się siłą odśrzedpędną, która zawsze jest równa i wprost przeciwna sile wśrzedpędnej: bo każde dział nie, ma zawsze równy sobie, a wprost przeciwny odpór, (Xię. III. Roz. II. §. 2.). I tak nitka którą ciężar iaki ciągniemy, jeżeli nie dość jest mocną, zerwie się, z przyczyny odporu ciężaru; podobnież urwałaby się ta nitka siłą odśrzedpędną ciała obracającego się zbytnią prędkością. Stąd się okazuje, iż siła odśrzedpędna, nie tylko zawsze jest równa sile wśrzedpędnej, ale téż kierunek ięć zawsze przypada na płaszczyźnie koła, na którym się punkt obraca, i od szrodka prostopadle dąży ku obwodowi tegoż koła.

śrzedpęd-  
ną (vis  
centrifuga).

### §. VIII.

Siła wśrzedpędna kierunek swój ustawicznie odmienia, i przeto nie może bydź zawsze iednostayną. Zebyśmy więc ięć wielakość w daném mieyscu A dokładnie ozna-

Jak się o-  
znacza

wielkość  
siły  
wszrod-  
pędny.

Fig. 135

oznaczyli, przypuścimy, że ona od tego miejsca przez nieiaki czas jest iednostayna, to jest, że linia AC. taką prędkością, jaką ma punkt obracający się w A, w kierunku styczney AD iednostaynie i równolegle samę sobie postępuje, punkt zaś A, który bierzemy tu za bezciężki, i żadney przeszkody ani z przyczyny tarcia, ani z przyczyny oporu powietrza i t. d. w biegu swoim nie doznający, samą tylko siłą wszrodpędną działającą iednostaynie w kierunku AC po téżże linii prostey spada. W takowym razie dany punkt określi linią AF, która że będzie równorzutną, łatwo się przekonać można (Xię. I. Roz. VI. §. 8.). Linie bowiem BE, DF do linii AC równoległe zawsze będą w stosunku kwadratowym czasów strawionych na ich przebieżenie w spadku; ponieważ siła wszrodpędna brała się za iednostayną, a stąd biegi od nięć sprawione, są biegami iednostaynie przyśpieszonymi (Xię. II. Roz. I. §. 2.). Gdy więc bieg drugi przy AD, jest także iednostayny, więc też będą się miały miejsca AB, AD, iak czasy, a zatém  $DF:BE = AD^2:AB^2$ .

### §. IX.

Jeżeli więc jest  $AD^2 = p. DF$ , będzie też  $AB^2 = p. BE$ , atém samém p bydz musi linią stałą, którą z liniami BE, DF i t. d. równoległymi do linii AC czyni prostokąty równe kwadratóm z linii AB AD, i t. d.

zro-

zrobionym. Poprowadźmy linie ME, IF równoległe do styczney AD, przecinające koło w punktach N i f, a będzie  $IF^2 = AI \cdot IH$ ;  $MN^2 = AM \cdot MH$ , gdzie AH bierze się za średnicę koła danego. Przeto  $IF^2 = p \cdot AI$  a zaś  $IF^2 = IH \cdot AI$ ,  $IF^2 = IF^2 \cdot AI \cdot (p - IH)$ ; które to zrównanie wszędzie ma miejsce byleby linia DF biegiem równoległym do AC zbliżała się. Albowiem jest też  $ME^2 = MN^2 = AM(p - MH)$ . Im zaś linia DF bardziej się zbliża do AC, tem też różnica między IF, H, iako też między IH, AH mnieyszą się staie. Jeżeli więc odległość AD jest nieskończonie mała, będzie  $IF^2 = IF^2$  o, stąd  $IH = AH$ , a przeto  $p - AH = 0$ , czyli  $p = AH$ . to jest ilość stała p powinna bydz w powszechności  $= AH$ . a przeto  $IF^2 = AH \cdot AI$ . Położywszy więc  $IF = AC = \frac{1}{2} AH$ , będzie  $\frac{1}{4} AH$  czyli  $\frac{1}{2} AC = AI = DF$ , przeto  $AC = 2DF$ . Prędkość więc siłą wszerzodpędną w czasie t sprawiona, którą punkt bieżący z A przychodzi na F zupełnie równą jest na ten czas prędkości, którą się obraca w punkcie A; bo że bieg od rzeczony siły wszerzodpędnę sprawiony jest iednostaynie przyśpieszony, prędkość więc iego po wypełnionym czasie t, taka będzie, iż w tymże czasie przebieđby mógł miejsce  $2DF = AC = AD$ , które też w czasie t, prędkością obrotu iednostaynie się przebiega. Jeżeli więc punkt obracający się przypuszcza się bydz ciężki, linia

liniia zaś DF taka, iż tenże punkt wo'nym spadkiem w czasie  $t$ , przebieść ią może, tedy ciężar punktu G, będzie równy, siła wśrzedpędny  $v$ ; i na ten czas DF jest wysokością a odpowiadającą prędkości obrotu  $c$ , bo punkt spadłszy przez DF w czasie  $t$ , nabytą prędkością w tymże czasie iednostaynie przebieńdzy mógł mieysc  $2DF = AD$ , lecz ieżeli mieysc DF siłą iednostayną  $v$  w czasie  $t$ , przebieżonę większe albo mnieysze jest od wysokości a odpowiadający prędkości  $c$ , tedy siły iednostayne  $v$  i  $g$  będą w stósunku prędkości, iakić będą w czasie  $t$ , (Xię. II. Roz. I. §. 12.) czyli w stósunku mieysc  $2DF$  i  $2a$ , które témiż prędkościami w tymże samym czasie  $t$  bydz mogą przebieżonę. Przeto ogólnie mówiac jest  $v: g = 2DF: 2a = AC: 2a$ ; skąd się pokazuje, że siła wśrzedpędna wszędzie w kole AfH równy jest wielkości: bo też prędkość punktu koła opisującego siłą tą nie może się odmięniać, a tém samém wysokość A jest stała (6.).

## §. X.

Kulka zawieszona na nitce pionowey CD, uwiązany na gwoździu C, podniesiona aż do A czyli do linii poziomey AB, która linią pionową CD rozdzięła na dwie  $CB = BD$ , kulka ta mówię spadłszy z punktu A na D przez wysokość  $\frac{1}{2}$  CD

Fig. 136. dwa razy większą siłą ciągnie nić w D a ni-

Kulka wa-  
chadła  
ciężkich  
(pendu-  
lum).



a niżejliby ciągnęła, spokojnie wisząc. W tym bowiem razie nie tylko ciągniona jest ciężarém kulki, lecz i siłą odśrodkową w kierunku CD. siła zaś odśrodkowa kulki w punkcie D, gdzie ięć prędkość odpowiada wysokości  $\frac{1}{2}$  CD, wyrównywa ciężarowi kulki (§. 7. 9.). Gdybyśmy zaś nici, na której punkt ciężki wisi, zamiast położenia pionowego AC dali położenie iakićkolwiek ukośne AD, i potem ténże punkt w D popchnęli w kierunku prostopadłym do płaszczyzny pionowej ADC, tén uderzeniem opisze on koło poziome DBHD około punktu C, obiegając to koło nie wraca się do punktu C, a tak nie obracać się będzie po powierzchni ostrokągu prostego (conus). Przeciagniemy bowiem podług upodobania promień CD aż do E, poprowadźmy pionową DF prostopadłą do D, E, i niech ma się DE, do DF, iak siła punktu odśrodkowa obrotém sprawiona, ma się do ciężaru tejże kulki. Ponieważ obydwie linie mają kierunek sił swoich, i obydwie razem siły działają na ténże punkt, wykreśliwszy równoległobok DEGF łatwo wi- dzieć można, że punkt, o którym mowa, ciągniony jest siłą DG a przeto on, gdy przekątna ta jest tylko przedłużeniem linii AD nie może ani wrócić się ku C ciężarém swoim, ani też siłą odśrodkową, bardziey od tegoż punktu C oddalić się, lecz jedno-  
staj-

Fig. 137.

stycznie musi bieżć po kole poziomym o koło C, ponieważ siła DG niszczy się od gwoźdźcia w punkcie A; co właśnie *Hu-  
geniusz* okazał, dowodząc do zegarów użyć można wachadeł nie kołyszących się, lecz powierchnią ostrokreśu iednostaynie wykreślających.

## §. XI.

Stósunek  
sił wsrzod-  
pędnych  
w tym  
przypadku,  
gdzie węg-  
cący pun-  
któw obrá-  
ca się oko-  
ło iednego  
środka.

Fig. 135.

Dáymy, że punkt A maiać miąższość m, ciężar g, prędkość c, odpowiadającą wysokości a: znowu punkt I, maiać miąższość n, ciężar g', prędkość k, odpowiadającą wysokości a, około tegoż samého środka C wykreślając koła na tablicy pozioméy tak, żeby bieg ich ciężkości, ani tarcie, ani inną iakąkolwiek przyczy-  
ną zewnątrzną nie był przeszkadzany; w takowém zdarzeniu siła wsrzodpędna v, punktu A, mieć się będzie do iego ciężaru g, iak za: AC, oraz siła wsrzodpędna f, punktu I mieć się będzie do iego ciężaru g' = za': IC (§. 9.). Przeto vg': fg = a.

$$IC: a: AC, i v: f = \frac{ag}{AC} : \frac{a'g'}{IC}. \text{ A że iest } a'$$

$$a' = \frac{c^2}{k^2}, i znowu m: n = g: g'. \text{ Zatem}$$

$$v: f = \frac{mc^2}{AC} : \frac{nk^2}{IC}, i ta proporcya stósó-$$

wnie do przypuszczenia powyższého ma mieysc, chociaźbyśmy punkta A, I. brali za bezciężkie. Jeżeli zaś czas obieźny (*tempus periodicum*) to iest czas, w któryma  
całe

całe koło raz przebieżone od punktu A, nazwiemy T, czas zaś w którym punkt A koło całe przebiega, oznaczmy przez t, tedy (ponieważ biegi w kołach są iednostayne) (§. 6.) będzie c: k: jak koło większe podzielone przez T, do koła mniejszego podzielonego przez t, że zaś koła są w stósunku swoich promieni, będzie więc  $c: k = \frac{AC}{T} : \frac{IC}{t}$ . Stąd v: f =

$$\frac{m. AC}{T^2} : \frac{n. IC}{t^2}.$$

Jeżeli więc obydwa te punkta znajdują się na iednóży linii nieugiętej się AC a przeto jeżeli obydwa w jednymże czasie koła swoje wykreślają, tedy będzie  $T = t$ , i  $v: f = m. AC: n. IC$ . Siły więc odśrzedpędne, ch punktów będą wtedy równe, kiedy ich mąższości mieć się będą w stósunku odwrotnym ichże odległości od szrodka; jeżeli bowiem jest  $m: n = IC: AC$  tedy będzie  $m. AC = n. IC$ , a przeto  $v = f$ .

## §. XII.

Dopiero odkryty stósunek sił odśrzedpędnych objaśnić się może rozinaitémi doświadczéniami. Na tén koniec weźmy płaszczynę okrągłą n. p. talérz AH na podstawie tak osadzoną, żeby mogła poziomie obracać się z łatwością około swojego szrodka C. Na końcach iakiéykolwiek iéy szrednicy AH. przyprawmy słupki

Doświadczénia ty-  
czące się  
siły od-  
śrzedpęd-  
néy.

Fig. 138.

B b

pie-

pionowo równe  $AB$ ,  $HG$ , i do ich końców  $B$ ,  $G$ , przymocujemy drót poziomy  $BG$ , na którym znajdzie się nawleczona kulka  $D$  szrodkiem wydrążona tak, żeby wolnie tam i sam posuwać się mogła. To mając, jeżeli ustawimy kulkę niej po nad szrodkiem  $C$  lecz cokolwiek obok iego, i zaczniemy obracać płaszczyznę  $AH$ , postrzeżemy, iż taż kulka, odchodząc będzie od szrodka swoją bezwładnością, jako ku niemu od żadney siły nie pociągana. Ale jeżeli linią  $AH$  poczynając od szrodka  $C$ , podzielimy z obydwóch stron na ilékoltwiek części równych  $1, 2, 3$ , i t. d. i na drós  $BG$  nawleczemy inną kulkę  $F$  równę miąższości z pierwszą, oraz połączymy je nitką lub łańcuszkiem dobrze wyciągnionym, tak żeby odległości ich od szrodka  $C$  były iednakié: obracając nawet iak nąprędzcy płaszczyznę  $AH$ , obydwie te kulki będą w spoczynku, byleby one żadnego, przy tém uderzeniu nie poniosły. Gdybyśmy zaś iedną z tych kulek posunęli pomiędzy  $1$ , i  $2$ , drugą pomiędzy  $1$  i  $C$ , na tén-czas tamta będzie odchodziła od szrodka, i tę z sobą pociągąc podczas obrotu płaszczyzny okrągłéy. W ogólności zaś powiedzieć trzeba, że kulki w podobném zdarzeniu zostają w spoczynku, jeżeli ich miąższości są w stosunku odwrotnym onychże odległości od szrodka; jeżeli zaś nie zachodzi stosunek tén, w ten czas za-

wsze

wsze jedna druga pociągá, gdyż siły od-  
szrodpedné kulek w pierwszym razie są  
równé, w drugim nie równé.

### §. XIII.

Gdybyśmy zamiast kulek użytych  
w poprzedzających doświadczeniach, u-  
żyli rurki EG ukośnie przyprawionéy do  
płaszczyzny pozioméy talérza, i do niéy  
wrzucili kawałki ołowiu lub czego innégo,  
zatkáwszy tę rurkę, obracając chyżo ta-  
lérz, kawałki ołowiu wznosić się zaczę-  
ły do góry. W tym bowiem razie ciała te  
iako by po płaszczyźnie pochyléy częścią  
pewną ciężaru swego na dół są nagłone  
ku GE (Xię. II. Roz. I. §. 2.) i ta to iedy-  
nie siła pociągá je do szrodka: dopóki ta-  
lérz zwolna się obraca, wydobywá ona  
utrzymać ciała rzeczóné na miejscu, lecz  
jak tylko ciężkość obrótu powiększa się,  
i siła odszrodpedná ja przewyższać po-  
czyná (gdyż siła ta pomnázá się w stósun-  
ku kwadratowym prędkości) natychmiast  
ciała będąc w rurce, podnozą się do góry  
tą częścią siły swoiéy odszrodpednéy,  
którą przewyższają siłę ku C naglącą.  
Gdybyśmy zaś do téjże rurki EG wla-  
li płyny różnéy gęstości, iako to wodę, oli-  
wę i t. d. i nad to jeszcze wrzucili kawał-  
ki ołowiu, obracając chyżo talérz, postrze-  
żemy, że cząstki ołowiu, mając większą  
gęstość, większą nabywają siły odszrod-  
pednéy w jednakiéy od szrodka odległości,

Inné do-  
świadcze-  
nia.

Fig. 139.

Bba

a ni



a niżeli cząstki oliwy lub wody, (§. 2.) i dla tego oliw przez obydwia płyny wznosi się w rurce, i obéy muie górne miejsce. Dla téyże przyczyny i woda wznosi się nad oliwę, oliwa zaś najniżey zostaje. Ciała więc różnéj gęstości pomieszane z sobą, mogą przez takowy iak się powiedziało obrót, łatwo bydź oddzielone. Podobnie się dzieie w silni, za pomocą którę zbożé wyczyszczá się z plew i lekkich kakolu nasion. Jeżeli zaś w kulkę szklaną wewnątrz wydrążoną, około osi poziomę, mogącą się obracać, wleciemy wodę wraz z proszkiem ołowiu, obracając tęż kulę, postrzeżemy, że proszek przylgac będzie do szkła, czyniąc iakoby prażki iakie, woda zaś niżey ołowiu układać się będzie w kształt kuli wydrążonéj a powietrze resztę próżnégo miejsca napełni.

## §. XIV.

Srządek ciężkości linii, która się obracać około niego, przez ten obrót z miejsca się swoje go nie ruszą.

Fig. 140.

Dáymy, że dwa punkta bezciężkie linia tęga połączone, mając miąższości A i B obracają się na iednóy zawsze płaszczyźnie około punktu C, który to punkt byłby srzodkiem ich ciężkości, gdybyśmy ié brali za ciężkie, w takowym obrocie srządek C będzie nieruchomy; gdyż mnogości wypadające z miąższości A i B ich odległości od punktu C są równé, (Xię. II. Roz. II. §. 12.) a tém samém i siły odsrzodpędne są równé (§. 11.). Więc punkt C, będąc równie ciągniony w strony przeciwné

ciwnéku A i ku B, z miejsca swego bydz ruszonym nie może, chociaż z siebie iest ruchomy przez takowy obrót. Podobnie dziać się będzie z linią prostą fizyczną, to iest taką, której każdy punkt miałby pewną miąższość: zbiory wąg (*summae momentorum*) a przeto i zbiory sił odśrzedpędnych po obu stronach będą iednakié, nie dozwolą szrodkowi C, chociaż z siebie ruchomemu uchodzić z miejsca, hyleby taż liniia na iednéy zawsze obracała się płaszczyznie: przeciwnie zaś działoby się, gdyby się taż liniia nie około szrodka C, lecz innégo iakiego punktu H obracała. Gdybyśmy zaś, linią fizyczną FG nie na płaszczyznie, lecz po ostrokręgu około osi DE, przez szrodek iéy ciężkości C przechodzącą obracali, i w tym razie także zbiory wąg i sił odśrzedpędnych z obydwóch stron będą iednakié, utrzymywać będą szrodek C w spoczynku: lecz ponieważ siły odśrzedpędne mająć kierunki zawsze prostopadłé do osi DE, odciągaia od téżże osi linią FG po wszystkich iéy punktach G, F, i t. d. dla tego taż liniia obracaiąc się co ráz bardziéy od osi się oddala, aż poki kąt DCG, lub FCE nie stanie się prostym; po czém żadna więcéy odmiana obrotu miejsca nie ma.

## §. XV.

Osią wolną nazywamy tę oś, której ani podpiérac, ani przytrzymywać nie po- Oś wolną  
trze-

i środek  
miąższosci.  
ści.

trzeba, ażeby ciało bezciężkie nie doznając ani tarcia, ani oporu powietrza, lub innéy iakiéy przeszkody mogło się około osi iednostaynie obracać. Os takowa zawsze przechodzi przez ow punkt ciała, któryby był środkiem iego ciężkości, gdyby ono miało iakikółwiek ciężar, ten zaś sam punkt nazywa się środkiem miąższosci, gdy ciało bierze się za bezciężkie. Przetniemy bowiem ciało obracając się około osi wolnéy płaszczyzną prostopadłą przez tęż os przechodzącą, a w takim razie wszystkie czastki na téż płaszczyźnie znaydując się w kierunkach do osi prostopadłych, a zatém do siebie równoległych, siłami swém i odśrodkowém tak będą na się wzajem działać, iak gdyby zewsząd os ciągnęły (§. 14.). A że os w tym razie spoczywa, wnieść więc należy, iż zbiór sił odśrodkowych z jednéy strony osi równy bydz musi zbiorowi sił z drugiéy strony. Mają się zaś siły odśrodkowe rzeczonych cząstek czyli punktów tak, iak by się miały wagi (*momenta*) ich, gdyby były ciężkiemi (II. Xię. II. Roz. II. 12.), przezo zbiory wąg, punktów ciała z obu stron osi, na każdéy płaszczyźnie przez os przechodzącéy bydz muszą równé. Os więc przechodzi przez środek miąższosci ciała (Xię. II. Roz. III. 1.). Są także i wagi sił odśrodkowych na osi wolnéy równé  
względ-

względem środka miąższości. Każdy bowiem punkt ciała za osią leżący, siłą odśrzedpędną naglony jest, iakoby ciężarkiem do osi przywiązanym, a zatem jeżeli na osi iakięć przez środek miąższości ciała przechodzący zbiór wąg tych ciężarków z jednéj strony środka, nie wyrównywa zbiorowi wąg z drugiéj strony, ós około środka obracać się będzie, i nie może zostać w spoczynku, chociaż środek spoczywa. Ze zaś ós wolną nieruchomą jest względem środka miąższości, idzie zatem, że zbiory wąg sił odśrzedpędnych z obydwóch stron osi są sobie równé.

## §. XVI.

Chcąc się dokładniéj w téj mierze objaśnić, przypuścimy, iż mamy sobie dané cztery punkta iakiékolwiek bezciężkié, którychby były miąższości A, B, D, E, mocno z sobą połączone, dajmy i to, że téż punkta obracaia się około iakiéys osi IF przez środek C ich miąższości przechodzący. Poprowadźmy linie CA, CB, CD, CE, iako téż AH, BI, DG, EF do osi prostopadłe, będzie B.  $BC = D. DC$ , i A.  $AC = E. EC$ , przeto B.  $BI = D. DG$ , i A.  $AH = E. EF$ , gdyż C jest środkiem ciężkości. Ze zaś siła odśrzedpędna miąższości B, jest iak B. BI, i siła odśrzedpędna miąższości E, iak E. FE; obie zaś iakoby pociągane są od osi w kierunku jednakim ku B, lub E, ós więc ta będzie niby

Jakby można oznaczyć ós wolną, mając dany układ czterech iakichkolwiek punktów.

Fig. 141.

niby dzwignią pierwszego rodzaju (*utervis heterodromus*) na który w takowym kierunku ciężary B. BI i E. FE działają. Jeżeli więc punkt C jest nieruchomy, wytrzymaie on siłę B. BI + E. FE, a zatem takiej siły potrzeba, któraby go utrzymywała. A że z drugiej też strony, osi ku A lub D równa pociąga go siła A. AH + D. DG = B. BI + E. FE, przeto środek miąższości C zarówno pociągany jest ku L iak ku M. a zatem zostaje w równy wadze, i nie może uchodzić z miejsca, chociaż nie jest wstrzymywany, upadź też nie może, iako wzięty za bezieżki.

## §. XVII.

Dalszy  
ciąg.

Ale nie każda oś jest wolna, która przez środek miąższości C. przechodzi. Może bowiem drąg ciężarami obciążony mieć iaki punkt stały, a jednakże nie byż w równowadze, lecz około niego obracać się. W tym więc razie oś obrotu punktów A, B, D, E, nie zostanie w spoczynku, jeżeli siły odśrodkpędne około C nie są w równowadze. Ze zaś każdą takową siłę można brać za ciężarek, i oś za drąg, będzie waga siły odśrodkpędny A. AH na osi IF = A. AH. CH, waga siły B. BI = B. BI. CI, i t. d. (Xię. II. Roz. II. 12.). Lecz siły w Bi D pociągają linią prostą CI ku B, siły zaś w A i E pociągają ją ku A, czyli raczy punkta A, B, D, E, siłami swymi odśrodkpędnymi, tak na się wzajem działają, iak gdyby



gdyby ciągnęły linią CI, przeto zbiór  
 wag: A. AH. CH. + E. EF. CF bydz po-  
 winiён równy zbiorowi wag B. BI. CI. +  
 D. DG. CG, ażeby oś była w równy wá-  
 dze. Jeżeli więc kąt  $ICB = FCD = r$ , i  
 kąt  $ACH = FCE = n$  będzie  $BI = BC$ .  
 Wsta. r,  $CI = BC$ . Dosta. r,  $AH = AC$ .  
 Wsta. n, i  $CH = AC$ . Dosta. n. Przeto  
 jeżeli oś IF jest wolná, będzie B. BC.<sup>2</sup>  
 Wsta. r. Dosta. r. + D. DC<sup>2</sup> Wsta. r. Dosta  
 $r = A. AC^2$  Wsta. n. Dost. n + E. EC. Wsta  
 n. Dost. n. Stąd B. BC. DB. Wst. r. Dost.  
 $r = A. AC. AE. Wst. n.$  Dost. n (16.); a że  
 wiemy z Trygonometrii że  $Wst. 2r =$   
 $2 Wst. r. Dost. r$ ; toż  $Wst. 2n = 2 Wst. n.$   
 Dost. n. Przeto B. BC. BD. Wsta.  $2r = A.$   
 $AC. AE. Wsta. 2n.$  Jeżeli zaś kąt  $ACB = a$   
 iest stały, będzie zatem Wsta.  $2n = Wsta.$   
 $(2a - 2r) = Wsta. 2a.$  Dost.  $2r = Wst. 2r.$   
 Dost.  $2a$ . Jeżeli więc iest Wsta.  $2n$ : Wsta  
 $2r = p: 1$ , będzie p. Wsta.  $2r = Wsta. 2a.$   
 Dost.  $2r = Wsta. 2r.$  Dost.  $2a$ ; a przeto  

$$p = \frac{Wsta. 2a}{Sty. 2r} - Dost. 2a,$$
 toż Sty,  

$$2r = \frac{Wsta. 2a}{p + Dost. 2a}.$$
 Mając więc dany stó-  
 sunek stały B. BC. BD: A. AC. AE. który  
 bierzemy za = p: 1, jeżeli kąt stały a,  
 przez linią IF tak rozdzielimy na dwie  
 czę-

części r, n, żeby była  $\text{Sty. } 2r = \frac{\text{Wsta. } 2a}{p + \text{Dost. } 2a}$ ,  
 będzie IF osią wolną. Jest bowiem na ten  
 czas  $\text{Wsta. } 2n: \text{Wsta. } 2r = p: 1$ , przeto B.  
 BC. BD.  $\text{Wsta. } 2r = A. AC. AE. \text{Wsta. } 2n$ .

## §. XVIII.

Każdy u-  
 kład czte-  
 réch pun-  
 któw na  
 dwie osi  
 wolné,

Układ więc każdy czterech punktów  
 mocno z sobą spoionych, mającąś oś wol-  
 ną IF, bokąt ACB zawsze tak się rozdzie-  
 lić może na dwa kąty n, i r, iżby była  
 $\text{Wsta. } 2n: \text{Wsta. } 2r$  w stosunku danym p: 1.  
 Łatwo też okazać można, że linia ON,  
 prostopadła do IF przez środek miąższow-  
 ści C przechodząca; jest osią wolną tychże  
 punktów. Poprowadziwszy bowiem AL,  
 BM, EN, DO, do osi ON prostopadłe, a tém  
 samém do osi IF równoległe, będzie waga  
 siły odśrodkowej w A, względem osi  
 $ON = A. AL. CL = A. CH. AH$ , waga  
 siły punktu B  $= B. BM. CM = B. BI. CI$ ,  
 waga siły punktu D  $= D. DO. CO = D. DG. CG$ , i waga siły punktu E  $= E. EN. CN = E. CF. EF$ . A że  $A. AH. CH + E. EF. CF = B. BI. CI + D. DG. CG$  (17.).  
 Zatem wagi sił odśrodkowych punktów  
 A, B, D, E, z obu stron osi NO są równe, oś  
 więc ta jest osią wolną.

## §. XIX.

Każde cia-  
 ło stałemá

Gdy ciało stałe poczyná się obracać oko-  
 ło iakięj osi przechodzącej przez srzodek  
 iego miąższowści nieruchoméj, a oś za  
 srzod-

# O OBRO. i SIŁ. ODSRZOD. (VIS CEN.) 411

śrzedkiem nie jest przytrzymywaną, w takim razie obracając ciało dané też oś, albo zupełnie zostaje niewzruszoną, a przeto jest wolną, albowi téż względem srzodka miąższości położenie swoje odmiénia. Jeżeli odmiénia, przetniemy ciało płaszczyzną przechodzącą przez oś i kierunek, w którym oś iakoby obracać się poczyną, a tak kierunek srzedni wszystkich sił odśrzedpędnych znajdować się będzie na płaszczyźnie téy, na któręy się oś obracać poczyną. Niech więc IB wyrażą kierunek srzedni wszystkich sił odśrzedpędnych ponad C, z jednéy strony osi znajdujących się, FE zaś pod C, niech HA wyrażą kierunek srzedni z drugiéy strony osi nad C, a zaś GD pod C, to jest wszystkie siły odśrzedpędne z obu stron osi, tak nad, iak i pod śrzedkiem miąższości C będąc razém zebrane, niech będą równé siłóm odśrzedpędnym punktów A, B, D, E. Przetniemy kąt ACB = a tak, żeby była

$$\text{Sty. 2. } \text{ICB} = \frac{\text{Wsta. } 2a}{p_i + \text{Dost. } 2a}, \text{ gdzie } p_i \text{ i wy-}$$

raża stósunek B. BC. BD: A. AC. AE, linią rozcinającą kąt ACB, będzie w tym razie osią wolną ciała (17.). Poprowadzwszy zaś na téyże saméy płaszczyźnie linią prostopadłą do téy osi, i ta także prostopadła będzie osią wolną tegoż ciała (18.). A jeżeli jeszcze ciało dané przetniemy płaszczyzną przechodzącą przez tę

najmniey  
trzy osi  
wolné.

tę oś drugą, a prostopadłą do osi pierwszej; podobnie okazać można, że i na tej płaszczyźnie dwie się znajdują osi wolne do siebie prostopadle; przeto każde ciało stałe najmniej ma trzy osi wolne: wiele zaś takich ciał znajduje się, które mają więcej niżeli trzy osi wolne. I tak kuli jednorodnej stałej, każda średnica jest osią wolną; ponieważ z obu stron każdej średnicy, w równy od środka i średnicy odległości zawsze się znajdują punkta równe, których więc i siły odśrodkowe i wagi są sobie równe.

## §. XX.

Osi wolne  
ziemi.

Fig. 142.

Gdyby ciało jakie stałe jednorodne, takie miało kształt, jaki z obrotu danej figury H L F około podstawy prostey i nieruchomej HF powstać mógł, linia ta będzie osią wolną ciała, przechodzącą przez C środek jego miąższości. W takowym bowiem razie z dwóch którychkolwiek punktów A i E danych, około C równo się wążących poprowadziwszy linie AB, ED prostopadle do osi, tak, żeby było  $IB = IA$ ;  $DG = GE$ ; inne dwa równe będą punkta B i D w témże ciełe, także między sobą równoważące około C, których to punktów zbiór wag sił odśrodkowych B, BI. CI + D. DG. CG. = B. BI. IG, równa się zbiorowi wag sił odśrodkowych w punktach danych A. AI. CI + E. EG. CG = A. AI. IG. Wtedy więc

jest

jest  $A. AI. = B. BI. ; D. DG = E. EG$  to jest oś wolną przechodzi przez środki ciężkości  $I, G$  punktów  $A, B,$  i  $D, E.$  A zatem czy to  $H I F$  linia krzywa jest kołową, czyli taka, którego promienie  $CH, CL$  są nierówne, zawsze wszelako linia  $HF$  będzie osią wolną ciała stałego opisanego obrotém figury  $HFL$  około  $HF.$  Ponieważ więc ziemia jest kulistą (Wstęp I, c.) i bierze się za iednorodną, i ma kształt taki, iaki z obrotu któregokolwiek południka  $HLF$  około ięý osi utworzyć się może, pomimo tego, że połowa ięý osi jest nie co mnieysza od promienia równika (iaki się niżęý okaże) oś ta  $HF$  jest osią wolną ziemi; i owszém każda szrednica równika jest osią wolną, byłoby półkula ziemiska południową była zupełnie równą i podobną północną. Na ten czas bowiem kształt ziemi wykreślić się może obrotém półkola południka, które to półkolę od równika poczynając się i na nim się kończąc, około szrednicy iakięýs tegoż równika obraca się.

### §. XXI.

Pomiędzy równikiem i biegunami ziemi żadnéý osi nie masz wolnéý. Niech bowiem będzie  $MN$  takową osią przez szrodek ziemi  $C$  przechodzącą, przetniemy kulę ziemską płaszczyzną  $QR$  do  $MN$  prostopadłą, ponieważ każda linia prostopadła do osi  $MN$ , tak się przecina nad

Pomiędzy osiami wolnémi ziemi, iedną jest oś gięwną.

$C,$  Fig. 43



C, iż jest  $AI > IB$  zaś pod C tak że jest  $GE > DG$ . zbiór więc sił od szrödpednych i ich wagi w stronie MCQ i RCN większy będzie od zbioru wag tychże sił w stronie MCR i QCN, przeto oś MN bardziéy jest pociągana od M ku L lub od N ku I a niżeli w stronę przeciwną; skoro więc kula HLFH obracać się poczyną około MN, oś ta nachyla się ku L, to jest: iéy cząstki obracać się natychmiast poczynają tak, iak i punkta strony MCQ obracaia się. Przeto bkoło iakiéys osi OCP pomiędzy MN i HF obrót się poczynia i oś sama obrotu iakoby coś się ku biegunom H i F, że zaś cofać się nie przestaje dopoki jest wolną czyli do poki nie pada na HF, kąt więc MCH ustawnie się zmniejsza, a na koniec zupełnie niknie. Zatem oś ziemi przechodzącą przez bieguny jest główną pomiędzy wszystkiemi iéy osiami wolnemi. Gdyby bowiem ziemia počzęła obracać się około osi nie wolnéy, oś ta przez sam obrót nieustanny zaniénitaby się na oś iaką wolną przez bieguny przechodzącą, nigdyby zaś nie przechodziła przez równik.

## §. XXII.

Ponieważ wszystkie ciała Niebieskie Zdaia się obracać około osi HF, (wstę. XII. 10.) wnosi się więc że ziemia, jeżeli się obraca, obraca się około téy osi HF.

Ziemia o-  
braca się  
około osi  
wolnéy.

HF; nie dziw więc, że obrót ieyżawsze jest iednostayny i że nie potrzeba żadney siły, iżby ta oś będąc wolną, była utrzymywana. Gdyby zaś ciała niebieskie obracały się nie ziemia, na cożby oś ich obrotu razem bydz miała ośią wolną ziemi? za cóż ta iedna oś ze wszystkich wolnych byłaby główna? czemużby ona nie przypadała pomiędzy srzednicą ziemi naykrotszą HF i naydluższą LI? czemużby na koniec ciężkość na powierzchni ziemi (jak wkrótce zobaczymy) ku biegunóm rosta, a zmniejszała się ku równikowi? izaliż to nie jest nayoczywistszym znakiem, że ciężkość zmniejsza się siłami odsrzodpędacmi, które to siły pod równikiem są naywiększe a pod biegunami żadné? czyliż więc nie jest rzeczą pewną i nie zawodną, że sama kula ziemská, nie zaś ciała niebieskie, obracała się.

## R O Z D Z I Á L II.

*o tworzeniu się biegu kołowego.*

### §. I.

Ponieważ na iednymże miejscu ziemi wszystkie ciała w próżni równą prędkością wolnie spadają, a tém samém w równym czasie równych prędkości nabywają

Siły pierwiastkowe i zbiorowe czyli cięż-

kość i ciężar ciał.

ia nagłone ciężkością; wystawiwszy więc sobie, że wszystkie te ciała rozdzielone są na punkta najmniejsze fizyczne równé; siły któremi te punkta spadaia muszą byđz między sobą równé, z przyczyny równych miąższości. Punkta te najmniejsze równé składaiące ciała, nazywają się ich pierwiastkami (*elementum*) siły zaś, któremi na dół są nagłone też punkta, nazywają się siłami pierwiastkowemi albo cząstkowemi (*vires elementares*) co stanowi ciężkość ciał: siła zaś w całym cieie iakiém, bieg postępnny rodząca nazywa się siłą zbiorową czyli całkowitą, (*vis totalis*) takiemi całkowitemi siłami są ciężary ciał. Jeżeli więc ciało iakie składa się z pierwiastkow  $M$ , a każdy z nich nagłony iest siłą iednostayną pierwiastkową  $g$  w jednymże kierunku, tedy bieg postępnny w tym kierunku utworzy się w cieie siłą całkowitą  $Mg$ . A że  $M$  będąc liczbą pierwiastków ciała wyraża iego tém samém i miąższość, która tém większą zawsze iest, im większą iest liczba pierwiastków, przeto przez też miąższość rozdzieliwszy siłę zbiorową ciała, otrzymamy siłę pierwiastkową. Dajmy, że siła iednostayna  $V$ , w miąższości  $M$ , czasie  $T$ , rodzi bieg postępnny prędkości  $C$ , niech orąż  $v$  wyraża inną siłę iednostayną, która w miąższości  $m$ , czasie  $t$ , rodzi bieg postępnny prędkości  $c$ , będzie

dział więc  $V$ ;  $v = \frac{MC}{T} : \frac{mc}{t}$  (Xię. II. Roz

I. 12.) Zatem siły pierwiastkowe  $G$ ,  $g$ ,  
 też biegi rodzące są, w stosunku  $\frac{V}{M} : \frac{v}{m}$

$= \frac{C}{T} : \frac{c}{t}$  albo położywszy  $T = t$  będą

w stosunku prędkości w jednymże czasie  
 nabytych. Siły więc pierwiastkowe, mo-  
 gą być równe między sobą, chociaż zbior-  
 owe nie są równe, i przeciwnie. Bydź  
 bowiem może  $\frac{MC}{T} = \frac{mc}{t}$  a jednak  $\frac{C}{T} >$

$\frac{c}{t}$  i znowu  $\frac{MC}{T} > \frac{mc}{t}$ , a jednak  $\frac{C}{T} =$

$\frac{c}{t}$  i t. d.

## §. II.

Lubo miazszości ciał z równych pier-  
 wiastków czyli proszków (Atomus) skła-  
 dają się, stąd jednak nie wypada, żeby ich  
 wszystkie punkta fizyczne miały być  
 równe między sobą albo równy gęsto-  
 ści. Przekonywa nas różna ciężkość ga-  
 tunkowa tychże ciał, że i najdrobniej-  
 sze ich cząsteczki zaledwie czulne róż-  
 nią się jednakże między sobą, a prze-  
 to z wielu pierwiastków składała się, ma-  
 ją pewną miazszość i nie są pierwiastka-  
 mi; Wystawiwszy sobie, że punkt tako-

Siły sty-  
 czne.

Fig. 144.

Gc

wy

wy A (Wstęp Roz. XV. 8.) na linii tę-  
gięcy CA około punktu stałego C obraca  
się, bieg takowy w istocie swojej będzie  
biegiem postępnym, gdyż części jego nie  
można rozróżnić, a nawet różność od-  
ległości tych części od punktu stałego C,  
a przeto, i różność biegów ich nieskończe-  
nie jest mała, to jest żadna. Punktów  
więc tym sposobem obracających się mia-  
ższosci bydz mogą równe, jednak ich bie-  
gi zawsze są biegami postępnymi: siła zaś  
punkt takowy A, około C nagłaca, ieże-  
li sama sobie zawsze równą zostaje i jest  
styczną (*tangentialis*) to jest: jeżeli w ka-  
żdém miejscu A ma kierunek styczny  
koła AB jest iednostayną, pomimo tego  
że kierunek swój ustaw nie odmięnia, po-  
nieważ w tym razie odmiana kierunku nie  
biegu nie gubi (Xię. II. Roz. IV 3.); prze-  
to bieg takową siłą przez łuk AB w cza-  
sie t sprawiony, jest iednostaynie przy-  
spieszony, i punkt A przy końcu czasu  
t w miejscu B ma prędkość, którą w tym-  
że czasie przebieđz może biegiem iedno-  
staynym łuk 2AB (Xię. II. Roz. I. 12.  
Xię. I. Roz. IV. 8.)

## §. III.

Przypuściwszy, że dwa punkta bez-  
ciężkie, około punktów stałych C i O  
obracają się tak, iż naprzód w A i M  
zostają w spoczynku, a potém równemi  
siła-

Sily pier-  
wiastko-  
wey, któ-  
rą punkt



siłami stycznymi w czasie  $t$  przebiegaia łuki  $AB$ ,  $MN$  wymierzając kąty równie iaki obró-  
 $ACB$ ,  $MON$  będą siły pierwiastkowe na- cą się stó-  
 gnać też punkta, iakieżkolwiek są ich sunek do  
 miąższości, będą w stósunku  $CA: OM$ . Bę- ciężkości.  
 dą bowiem miały przy końcu czasu  $t$ ,  
 takie prędkości, któremi w równym cza-  
 sie iednostaynie przebieść mogą  $2AB$  i  
 $2MN$  (2') a przeto same prędkości w nich  
 sprawione będą w stósunku tymże  $AB:$   
 $MN = AC: MO$ , gdyż kąt  $C = O$ . w tym-  
 że samym stósunku są i siły pierwiast-  
 kowe. Taż sama prawda mieć ieszcze  
 będzie miejsce, chociażby punkta w  $A$  i  
 $M$  nie spoczywały, lecz biegły w kierun-  
 ku stycznych do  $A$  i  $M$  byleby ich prę-  
 dkości początkowe były w tymże stósunku  
 $AC: MO$ . W tym bowiem razie każdy  
 z tych punktów, przy końcu czasu  $t$ ,  
 ma prędkość z dwóch innych złożoną: a  
 że w każdym z tych punktów prędkości  
 pojedyncze mają iednaki kierunek i są w je-  
 dnymże stósunku, więc i prędkości ich  
 złożone w tymże będą stósunku. Nazna-  
 czywszy więc siłę pierwiastkową cięż-  
 kości przez  $1$ , wysokość wolnego spadku  
 ciała ciężkiego w przeciagu sekundy  $= g$   
 przypuściwszy oraz, że siła pierwiastko-  
 wa styczna przy  $A$  równa się ciężkości,  
 i taż sama siła przy  $M = G$ , łuki zaś  $AB$   
 i  $MN$  przebieżone są w czasie  $1''$  z mieu-  
 ścią spoczynku: w takowem zdarzeniu bę-

dzie łuk  $AB = g$ ,  $G:1 = MN:g$ , punkt zaś  $M$  nabędzie w ten czas prędkości  $2MN$  to jest takię, którą łuk  $2MN$ , w czasie  $1''$  iednostaynie przebieđz może. Prędkość więc katowa  $k$ , który drąg  $OM$  w czasie  $1''$  nabywá,  $= \frac{2MN}{MO}$  (Roz. I. 4.)

przeto  $G = \frac{MN}{g} \cdot \frac{MO \cdot k}{2g} = \frac{rk}{2g}$ , gdzie  $r$

wyrażá w ogólności odległość punktu  $M$  od punktu stałego.

#### §. IV.

Wachadła sekundo-  
wé na ró-  
żnych  
miejskach  
ziemi, są  
w stósun-  
ku cięż-  
kości pier-  
wiastko-  
wych tych  
że miejsc.

Z tego, co poprzedziło, łatwo wyrozumieć można, że ieżeli na dwóch różnych miejscach ziemi dwa wachadła pojedyncze, nie równy długości w jednakiem zawsze czasie równé łuki przebiegają, siły ciężkości pierwiastkowe w tych miejscach są w stósunku długości wachadeł. Niech wachadło krótsze  $AC$  na iedném miejscu ziemi, i dłuższe  $MO$  na drugim, w równym czasie równo się wachając, opisuą łuki czyli kąty  $ACB$ ,  $MON$ ; niech oraz linie proste  $CB$ ,  $ON$ , będą pionowe, podzielmy łuk  $AB$  na ilekolwiek części równych  $Aa$ ,  $ab$  i t. d. i łuk  $MN$  na tyléż części równych  $Mm$ ,  $mn$ , i t. d. Kąty  $ACa$ ,  $MOm$ , będą między sobą równé, iako też i kąty  $aCb$ ,  $mOn$ , i t. d. przeto kąty té w równych czasach są przebieżoné. A że podzieliły takowé łuków,  
tak

## O TWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 421

tak bydz mogą małe, iżby odmiana siły stycznej od ciężkości pochodzić mogą. ci, przez każdy takowy podział była nieskończénie małą czyli żadną (Wstę. R. XXV 2.) przypuściwszy więc że podziały Aa, ab, Mm, mn, it. d. są w rzeczy saméy tak drobnémi, siły pierwiastkowe będą w stósunku CA: OM, gdyż punkta przez podziały Aa Mm, nagłone są siłami stycznymi i równymi w jednymże czasie. (3) Ze zaś w tymże stósunku będą i prędkości nabyte; przeto ponieważ i łuki ab, mn, w równym czasie przebiegają się i prędkości pierwiastkowe są w stósunku CA, OM, siły pierwiastkowe styczne przez te łuki będą w stósunku CA, OM. Toż samo mówić o trzecim, czwartym podziale łuków AB i MN; co przekonywa że siły pierwiastkowe ciężkości dwóch danych miejsc są w stósunku długości wachadeł. Ponieważ zaś na iednémże miejscu ziemi, dwa pojedynczé wachadła iednakiéy długości zawsze w równym czasie wachania swe odbywają, iakieżkolwiek są miąższości punktów ich ciężkich, wnosi się więc, że siła pierwiastkowa ciężkości, na iednémże miejscu ziemi, też sama jest na każdą miąższość.

### §. V.

Rycher w Roku 1672. pierwszy doświadczył, że siła pierwiastkowa ciężkości w różnych miejscach ziemi różna jest. Siła pierwiastkowa  
Wa-

ciężkości,  
rośnie od  
równika ku  
biegunóm.

Wachadło bowiem zegara, które w Paryżu każde wachanie odbywało w przeciągu sekundy, na Wyspie Kayennie pod szerokością północną  $4^{\circ} 56'$ , wachadło mówię to w 24 godzinach opóźniało się z' 28", do Paryża zaś powróciwszy, w tymże samym czasie, co przedtem wachania swoje odbywało; prawda, że to opóźnianie się wachadła, pochodziło po części z przedłużenia jego, z przyczyny większego stopnia ciepła przy równiku; z tém wszystkiém już Newton widocznie okazał, że dla téj iednój przyczyny tak wielką różnicą w ruchu wachadła żadną miarą pochodzić nie mogła. Jakoż poznieny licznemi doświadczeniami przekonano się, że długości wachadeł poiędyn-czych sekundowych przy równych nawet stopniach ciepła idąc od równika ku biegunóm rosną; co pokazuje, że i siła pierwiastkowa ciężkości na powierzchni ziemi najmniejszą jest pod równikiem, a coraz większą ku biegunóm (4), co jest skutkiem sił odsrzodpędnych ziemi obracających się około osi swojej; o czémśmy wyżey powiedzieli (Roz. I. 24.)

### §. VI.

Damy, że dwa punkta, których miąższości A i B są bezciężkie, przytwierdzone do linii tęgię, bezciężkię i bezmiąższy poczynają obracać się około punktu C, a to n.p. z przyczyny siły zbiorowęj N  
pro-

# O TWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 423

prostopadle uderzającą linią CB w pewnym punkcie V; ponieważ w tym czasie tenże sam kąt przebiegał, będzie więc siła pierwiastkowa punktu A =

$$\frac{CA \cdot k}{2g} \text{ a zaś punktu B} = \frac{CB \cdot k}{2g}, \text{ gdzie } k \text{ Fig. 145.}$$

wyraża prędkość kątową dźwigni CB (3) Zaczem siła zbiorowa, którą miąższość A obraca się jest =  $\frac{A \cdot CA \cdot k}{2g}$  siła zaś zbioro-

$$\text{wa miąższości B} = \frac{B \cdot CB \cdot k}{2g} \text{ Siły te zbioro-}$$

rowe są iakoby ciężary, i na dźwigni CB bydz powinny w równy wadze z siłą zbiorową N. Przeto (  $A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2$  )

$$\frac{k}{2g} = N \cdot CV, \text{ to jest: zbiór wąg sił przy}$$

$$A \text{ i B równa się wadze siły N. Zatem prędkość kątową dźwigni } k = \frac{2g \cdot N \cdot CV}{A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2}$$

Ze zaś toż samo rozumowanie przystosować można do ilukolwiek innych miąższości na dźwigni znajdujących się, w ogólności więc powiedzieć należy, że prędkość kątową dźwigni dochodzi się, dzieląc wagę siły zbiorowey, uderzającą tę dźwignią, przez zbiór mnogości wypadających z każdą miąższości, przez kwadrat



drat ięć odległości od punktu stałego, i ten wieloraz mnożąc przez 2g.

## §. VII.

Odległość  
szrodka  
wachania  
od szrodka  
zawieszé-  
nia w wa-  
chaniach  
składanych

Gdyby zaś dane dwa punkta na dzwigni CB miały miąższości A i B ciężkie, i ciężkością swoją obracały się około punktu stałego C, siły pierwiastkowe styczne pod każdym kątem uformowanym od dzwigni CB i linii pionowey w obydwóch tych punktach byłyby równe, a przeto w tymże samym czasie zrodziłyby się prędkość katowa dzwigni większa, gdyby sam tylko punkt A na nięć znajdował się, mniejsza zaś, gdyby tylko punkt B się znajdował. (3) A że oba punkta do iedneyże linii tegięć są przytwierdzone, a stąd każdy z nich powinien mieć równą zawsze prędkość katową, przeto punkta te wzajem na się działają. Punkt ieden A opóźnia się, drugi B przyspiesza się, przez co siła styczna pierwiastkowa punktu A zmniejsza się, punktu B powiększa się. Pomiedzy więc temi dwoma punktami jest iakieś miejsce V, gdzie dzwignia ani się przyspiesza, ani opóźnia, lecz tak się wacha, iak gdyby sam tylko punkt iakiś ciężki znajdował się, punktów zaś A i B iak gdyby nie było. Położmy więc, że siła pierwiastkowa styczna od ciężkości pochodząca, naglaca punkt V, pod kątem danym od dzwigni CB i linii pionowey uformowanym, przypuścmy mowię, że ta siła  $= 1$ , a będzie prędkość katowa w dwi-

# O TWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 425

w dźwigni sprawioną  $k = \frac{2g}{cr}$ , siła zaś  
 pierwiastkową zmniejszoną punktu A =  
 $\frac{CA \cdot k}{2g} = \frac{CA}{CV}$ , powiększoną zaś siła pier-

wiastkową punktu B =  $\frac{CB \cdot k}{2g} = \frac{CB}{CV}$ . Gdy.

by zaś miąższości A i B były beczężkie  
 a punkt dźwigni tęgiy V był zawsze u-  
 derzany prostopadle siłą zbiorową N, te-  
 dy miąższości te temiż samými siłami pier-  
 wiastkowými, które mają, będąc ciężki-  
 mi, byłyby nagłone i cała dźwignia na-  
 byłaby téż samę prędkość kątowę k,  
 gdyby było  $(A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2) \frac{k}{2g} = N \cdot CV$ .

(6) =  $\frac{A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2}{CV}$ , a stać  $N \cdot CV^2 =$

$A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2$ . Aże siła zbiorową N, po-  
 między miąższości A i B tak się rozdzié-  
 lá, iż iedna má siłę zbiorową  $\frac{A \cdot CA}{CV}$ , dru-

gą siłę  $\frac{B \cdot CB}{CV}$ , zaczęm  $\frac{A \cdot CA}{CV} + \frac{B \cdot CB}{CV} =$

N, czyli  $A \cdot CA + B \cdot CB = N \cdot CV$ . Jeżeli  
 zaś O iest srzodkiem ciężkości miąższo-  
 ści A i B, będzie  $A \cdot CA + B \cdot CB = (A+B)$   
 CO. Zaczem  $(A+B) \cdot CO = N \cdot CV$  i CV =

A.

$A.CA^2 + B.CB^2$ . Gdy więc CB jest wa-  
 (A+B) CO

chadtém składaném, punkt zaś V jest tym punktém, który srzodkiem wachania (*centrum oscillationis*) nazywá się (Xię. II. Roz. IV. 16.) przeto ogólnie odległość srzodka wachania od srzodka zawieszenia w każdym wachadle złożoném znajdziemy, jeżeli zbior mnogości powstałych z miąższości każdego punktu ciężkiego w wachadle i kwadratu jego odległości od srzodka zawieszenia podzielimy przez wagę wszystkich punktów ciężkich zebranych w wspólny srzodek ciężkości.

### §. VIII.

Ruch ciała  
 ciężarém  
 do góry  
 dzwiganego.

Fig. 146.

To, co się dopiero powiedziało, przystósować się może do ruchu dzwigni lub krążków (*trochlea*) jeżeli bowiem na krążku lub na osi koła blochu (*axis in paritrochio*) z jednéj strony wisi ciężar M, z drugiej strony ciężar P, i jeżeli ten większy jest, a niżej potrzeba do zrobienia równowagi, krążek obracać się, a to biegiem iednostaynie przyspieszonym, byleby tarcie było małe, i sznurek, na który zawieszoné są ciężary był dość lekki i giętki, iako się już wyżej okazało (Xię. III. Roz. V. 2.). Jeżeli więc V jest srzodkiem wachania, a linia ACBV pozioma, punkt V tąż samą prędkością, którą ciała wolnie spadaia, to jest, przez 15, i stóp w prze-

OTWÓRZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 427

w przeciągu sekundy spada podczas obrótu krążka. Mając więc daną wysokość  $a$  przez którą ciężar  $M$  w przeciągu sekundy podnieść się powinien, czyli co iedno iest, mając dany łuk, który w tymże samym czasie przebieść powinien punkt  $A$  będzie  $a:15, 1 = CA:CV$ , przeto  $CV = 15, 1. CA$

A że też iest  $CV = \frac{M.CA^2 + P.CB^2}{(M+P).CO}$

(7) gdzie  $O$  wyraża szrodek ciężkości ciężarów  $M$  i  $P$ , przy  $A$  i  $B$  zawieszonych.

Zaczém  $15, 1. CA = \frac{M.CA^2 + P.CB^2}{(M+P).CO}$  Jest

zaś  $OB:OA$  czyli  $CB:CO:CA+CO = M:P$  zaczém  $M.CA + M.CO = P.CB$

$P.CO$ ; i  $CO = \frac{P.CB - M.CA}{M+P}$  stąd  $15, 1. CA = \frac{M.CA^2 + P.CB^2}{P.CB - M.CA}$

iako też  $P = \frac{(15, 1 + a) M.CA^2}{(15, 1. CA - a.CB).CB}$

§. IX.

Niech  $n. p.$  będzie  $CA = CB$ , i ciężar  $M = 98$  funtów, który się ma podnieść do Przykłady, wysokości 60 stóp Paryzkich w czasie 30".

W tym razie iakię potrzeba siły  $P$  do dzwignienia ciężaru  $M$ ? tu iest  $P =$

$\left( \frac{15, 1 + a}{15, 1 - a} \right) M$ . a że w biegu iednostaynie

przy-

przyspieszonym, miejsca są w stósunku kwadratowym czasów; będzie więc 60:  $a = 900$ : 1 przeto  $a$  czyli wysokość, do której ciężar  $M$  98 funtów w czasie sekundy podnieść się powinien  $= 0,066$  stóp, za-

$$\text{czém } P = \frac{15,166}{15,034}. 98 = 98,86 \text{ funtów;}$$

niech znowu będzie  $AC:CB = 1:4$ , ciężar zaś  $M = 272$  funtów, dajmy, że mamy go podnieść do wysokości 55 stóp w czasie 34", podobnież więc jak przedtem postępując będzie  $a = \frac{55}{34.34} = 0,04758$ , i  $P =$

$$\frac{15,14758}{4,14,9}. 272 = 69,09 \text{ funtów. Tym więc}$$

sposobem mając dany ciężar, czyli siłę  $P$ , wysokość  $a$  i stósunek  $CA:CB$ , znajdziemy ciężar  $M$  mogący się tą siłą  $P$  dźwignąć: i znowu mając siłę  $P$ , stósunek  $CA:CB$  i ciężar  $M$ , łatwo dojdziemy wysokości  $a$ , do której ten ciężar może być podniesiony, to jest mając dane którekolwiek trzy z tych czterech rzeczy, czwartą dojdziemy.

## §. X.

Widzieliśmy wyżej, że gdy ciało iakie  $A$  wprost i mimosrzednie (*excentrice*) uderza się z innym ciałem spoczywającym, w kierunku  $BD$ , a obydwa te ciała biorą się za bezciężkie, a jednak doskonałe twarde a zatem niesprężyste tak, iżby

Jak się  
bieg kuli-  
sty two-  
rzy, przez  
uderzenie

wszy.



wszystek bieg kierunku BD, który się od ciała uderzającego mającego miąższość A niszczy, i którego prędkość jest n. p. c, przeszedł w ciało uderzone; widzieliśmy mówię wyżej, że to ciało poczyni i postępować ku BD i razém obracać się około środka C swojej miąższości (Xię. III. Roz. II. 21.). To więc co się tam powiedziało o biegu kołowym ciała uderzonego, iśniący teraz zrozumiane bydź może; ponieważ już istota tego biegu obszerńiej jest wyłuszczona. Ze zaś bieg kołowy nie się nie przyczynia ani do powiększenia, ani zmniejszenia biegu postępnego ku BD, bieg zaś który ciało uderzające traci, wszystek przechodzi w ciało uderzone miąższości B, idzie stąd, że jeżeli środek C miąższości ciała tego przez uderzenie nabywa prędkości k w kierunku BD będzie  $Ac = Bk$ . Gdy zaś przetniemy ciało uderzone płaszczyzną przechodzącą przez środek biegu miąższości i przez BD, a poprowadzimy na téj płaszczyźnie linią CT prostopadłą do BD, tedy ciało uderzające siłą zbiorową wyrównywalącą sile biegu jego straconego w kierunku BD uderzać będzie linią tęga CT prostopadłą, do której wszystkie punkta ciała uderzonego na płaszczyźnie CBD są iakoby przytwierdzone. Punkt więc każdy rozmnożywszy przez kwadrat jego odległości od środka C, i zbiór

mimoś  
środko-  
wé.

Fig. 147

wszyst-

wszystkich tych mnogości nazwawszy  $S$ ,  
 będzie prędkość kątową  $v$  obrotu pocho-  
 dzająca z uderzenia  $= \frac{2g \cdot AC \cdot CT}{S} (\sigma.)$ .

Napstatek ponieważ uderzając ciało  $A$   
 wtedy gdy uderzą zawsze się dotyka pun-  
 ktu  $B$  ciała uderzonego i nie przestaje nań  
 działać, chyba wtedy kiedy jego pręd-  
 kość wyrównywa prędkości punktu  $B$ .  
 W tymże kierunku  $BD$ , bieg zaś pun-  
 ktu  $B$  ku  $BD$  nasamprzód jest biegiem  
 wspólnym środka miąższości, a którego  
 biegu prędkość jest  $k$ , powtórę jest też  
 biegiem kołowym, którego prędkość ku  
 $BD$  jest  $= v \cdot CT$ , przeto po uderzeniu nie  
 pozostaje ciału  $A$ , prędkość ku  $BD$  tylko  
 jak  $V = k + v \cdot CT$ .

## §. XI.

Dwa te biegi w ciele uderzonym spra-  
 wione, nie tak zawisły od siebie, ażeby  
 jeden bez drugiego byź nie mógł. Pra-  
 wda to jest, że gdyby sam szrodek  $C$  miąż-  
 szości (gdy ciało postępuje prędkością  $k$ )  
 był wstrzymany siłą jaką, któraby bieg  
 jego  $Bk$  wcale znosiła, w takim razie  
 całe to ciało nie postępowałoby dalej, a  
 wszelako obracałoby się tak jak przedtém,  
 kiedy nie było wstrzymane. Przeciwnie  
 zaś jeżeli wystawimy sobie w myśli, że  
 dzwignia iaka tego  $CR$  utkwiona jest  
 w ciele, i też w punkcie  $R$  w kierunku  
 prostym

## O TWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 431

prostopadłym RS przeciwnym kierunku wi obrotu, uderzą się jakąś siłą zbiorową F, której waga F.  $CR = AC$ . CT, w tym razie bieg kołowy zupełnie się zniesie, bieg zaś postępnny choć osłabiony pozostanie. Przypuściwszy bowiem, że punkt R odleglejszy jest od C a niżeli punkt T, szrodek C miąższości, tém uderzeniem dźwigni, nabędzie biegu F ku TB; ponieważ zaś w kierunku przeciwnym BT miał już bieg Bk, idzie zatem, że w tymże kierunku pozostaje mu jeszcze bieg Bk — F, a przeto pozostaje prędkość  $\frac{Bk - F}{B} =$

$k - \frac{F}{B}$ . Jeżeli więc szrodek C przed uderzeniem dźwigni spoczywał, to jest, jeżeli  $k = 0$ , szrodek ten po uderzeniu bieży w kierunku TB prędkością  $\frac{F}{B}$ .

### §. XII.

Z tego, co poprzedziło, łatwo wyrozumieć można, dla czego kule zwłaszcza większe z dział wystrzelone upadły na ziemię, gdy się zdaie, iż już wcale bieg swój utraciły, nagle się znowu podnoszą i podskakują z wielkiem niebezpieczeństwem przytomnych. Kula bowiem wyrzuconą z harmaty, nie tylko ma bieg postępnny, ale też i kołowy około osi swojej; upadł-

Dla czego  
kule  
z dział  
wystrze-  
lone, od  
ziemi nie-  
kiedy od-  
skakują.

upadłszy więc na ziemię i straciwszy prawie wszystek bieg swój postępnny, zwała jeszcze bardzo prędko obracać się; skoro więc upadając na ziemię trafia na kamień lub inne iakie ciało twarde, tedy przez sam iey obrót, iakośmy widzieli, wznieć się bieg postępnny, przez który częstokroć się podnosi, i który lubo nierównie jest mnieyszy od biegu, przy samém iey wystrzeleniu z harmaty, z tém wszystkiém może bydz niebezpieczny, z przyczyny wielkości kuli.

## §. XIII.

Ponieważ było  $v = \frac{2g \text{ Ac. CT}}{S} = \frac{2g \text{ Bk. CT}}{S}$   
 Stósunek między przypusciwszy więc że m: n: wyraża stósunek zachodzący między prędkością k  
 prędkością biegu środka miąższości i prędkością kątową v  
 postępnego obrotu danego ciała B, czyli że  $\frac{v}{k} = \frac{m}{n}$  bę-  
 go ikoło-  
 wego, za-  
 wisi od  
 odległo-  
 ści między  
 kierun-  
 kiem ude-  
 rzęcia i  
 srzodkiem  
 miąższ-  
 ści.  
 dzie  $\frac{m}{n} = \frac{2g \text{ B. CT}}{S}$ . Na dany więc stós-  
 sunek  $\frac{m}{n}$  prędkość biegu postępnego tegoż  
 ciała B w jednakię odległości CT od srzod-  
 ka miąższości swoięy uderzonego, za-  
 wsze się ma w stósunku stałym do pręd-  
 kości kątowę biegu postępnego, iaka-  
 kolwiek byłaby miąższość albo prędkość  
 ciała

ciała uderzającego. A że  $CT = \frac{Sm}{2gnB}$ :

idzie zatem, że jeżeli odległość CT w daném ciele przez to zrównanie oznaczą się, tedy ciała tego prędkość tak postępną iak i kołowa zawsze będą w stosunku danym n: m. Przeto planety, które nie tylko krążą około słońca, ale też razem obracają się około swych osi przechodzących przez ich szrodki, za jedném uderzeniem mimoszrodkowém, nabydź mogły obydwóch tych biegów. Ponieważ zaś z postrzeżeń wiadomy jest stosunek prędkości biegu postępnego planet i kołowego biegu ich kołowania, idzie zatem, iż za pomocą powyższego zrównania, oznaczyć można odległość CT, którą kierunek uderzania mimoszrodkowego powinien być bydź oddalony od szrodka każdéj planety.

## R O Z D Z I A Ł III.

*o figurze i wielkości ziemi.*

### §. I.

Gdybyśmy od miejsca iakiégo ziemi A idąc ku północy lub południowi po linii prostéj, to jest po linii znajdujący się na płaszczyźnie południka tegoż miejsca A przyszli do miejsca B, którego linia wierzchołkową BC nachyloną jest do linii wierzchołkowéj miejsca A pod kątem

Stopnia ziemskie.

Fig. 148.

Dd

ACB



ACB =  $1^{\circ}$  linia na powierzchni, poziomę ziemi prowadzona od miejsca A do B, nazywa się stopniem ziemskim (gradus terrestris). Część więc ta południka ziemskiego, zawarta między ramionami kąta o jednym stopniu, czyli  $1^{\circ}$  jest różnicą zachodzącą między szerokościami miejsc danych A i B (Wstęp II: 1b.) : kąt zaś ten może być oznaczony z postrzegania gwiazd stałych. Jeżeli bowiem gwiazda stała S przechodzi przez nadglównik (Zenit) miejsca A to jest przez linię wierzchołkową czyli pionową CA przedłużoną i w tym samym czasie od nadglównika miejsca B czyli linii CB przedłużonej oddalona jest kątem SBD, kąt ten SBD będzie równy kątowi ACB, ponieważ dla nieskończonych prawie odległości od ziemi gwiazd stałych, linie AS, BS z różnych miejsc ziemi, do którejkolwiek z nich prowadzone są sobie równoległe. Wymierzwszy więc długość AB na powierzchni ziemi, otrzymamy długość łuku ziemskiego odpowiadającą szerokości miejsc danych A i B. Wszakże nie konieczne tego potrzeba, aby SBD był zupełnie jednego stopnia: być bowiem może albo większy, albo mniejszy od  $1^{\circ}$  byleby znaleziona długość AB zmniejszona lub powiększona była stosownie do większości lub mniejszości jego nad  $1^{\circ}$  a tak tedy oznacza się długość stopnia ziemskiego;

a na

a. nawet i tego koniecznie nie potrzeba, ażeby gwiazda postrzegana przez sam nadglównik miejsca A przechodziła. Jeżeli bowiem ona przechodząc przez płaszczyznę południka AB znajdzie się na liniach AT, BT, kąt TAS zawarty między linią AT, i nadglówną AS miejsca A, będzie się równał kątowi TBS, a to z przyczyny równoległości linii BT, AT, odtawszy więc kąt TAS postrzegany z miejsca A, od kąta TBD z B postrzeganego, pozosta nie kąt SBD zawsze równy kątowi ACB.

## §. II.

Jeżeli zaś z wymiaru kilku stopni ziem skien chcemy oznaczyć prawdziwą wielkość i figurę kuli ziemskiej, potrzeba postrzegać gwiazdy, i wymiérzać długość AB z jak największą dokładnością, gdyż różne stopnie ziemskie mało co się wielkości od siebie różnią, a z téy różnicy kilku tylko stopniów prawdziwą kuli ziemskiej figurę oznaczyć wypada. Zaczém w tym razie, nie tylko jak najdokładniejszy narzędzi użyć należy, ale téż strzedz się, aby postrzegania nie były czynione w miejscach zbyt górzystych. Doświadczenia bowiem czynione w Anglii przez JP. Maskelyne przekonaly, że wachadła przy górach wielkich zbaczają nieco z swego położenia pionowego, a przeto linie pionowe czyli nadglówné nie mogą być dokładnie oznaczone w takich mieys

Przestroni  
względem  
wymie-  
rzania sto-  
pni ziem-  
skich.

scach, co jest skutkiem ciężkości, powszechny, o czém niżej: co się zaś tyczy wymiaru długości AB ponieważ trudno gdzie znaleźć równinę otwartą, na którejby można było prowadzić tak długą linią prostą, należy więc punkta A i B za pomocą wielu trójkątów łączyć z jaką linią, którą nazywają podstawą. Kąty takowych trójkątów oznaczywszy przez postrzeganie, i one do iednóży płaszczyzny poziomey przywiódłszy, a podstawę wymiérzywszy, wynaydą się przez trójkątniérstwo boki tychże trójkątów, iako też i długość AB. Ze zaś nie zawsze można mieć dość długą podstawę, dla niedostatku rozległych równin otwartych, przeto w wymiérzaniu iéy tém większý dokładności użyć potrzeba, im jest krótszą.

## §. III.

Niektórzy z Towarzystów Akademii Paryzkiéy nakładém Królewskim częścią w Ameryce przy Mieście Quito od Roku 1735 do Roku 1744, częścią w Laponii przy Mieście Tornea w Roku 1736 zatrudniali się wymiérzaniem stopni ziemskich, i te wymiary nayprzydatnieysze są do oznaczenia figury ziemi. Gdyby ziemia zupełnie płaską była pomiędzy A i B, linie nadglówné BD i AS prostopadłe do powierzchni ziemi przy B i A musiałyby

bydź

Rzeka ziem-  
ska wypu-  
kleyszą  
jest pod  
równi-  
niem, iak  
pod bie-  
gunami.

bydź równoległe, a tém samém kąt  $TAS = TBD$ . Im zaś większą jest krzywizna łuku  $AB$ , tém większą bydź musi różnica wyokości daney gwiazdy stałey  $SBD$ , a stąd tém mniej za długość iednego stopnia. Ponieważ więc z wymiarów się okazało, że stopień ziemski pod równikiem mniejszy jest od stopnia ku biegunowi północnemu, idzie zatém że ziemia ku temuż biegunowi mniejszą ma krzywiznę, iak przy równiku.

#### §. IV.

Zastanowiwszy się z uwagą nad stopniami ze wszelką dokładnością przez Jeometrów wymierzonymi, postrzeżemy, iż od równika ku biegunóm (*in ratione bi-quadratorum*) różnice ich rosną w stósunku czworostopniowym wstaw szerokości. I tak stopień szredni przy równiku podług rachunku *Boguera* i *Ulloy* prawie wynosi 56762 sążni Paryzkich, stopień zaś Lapoński na szerokość  $66^{\circ} 20'$  wynosi 57437,9 sążni Paryzkich, dzieląc różnicę tych dwoch stopni czyli 675,9 przez czworostopień wstawy ( $66^{\circ} + 20'$ ) którą to potęgą prawie jest  $= 0,7$  otrzymuie się liczba 965 (gdzie promień czyli wstawa cała bierze się za iedność). Przeto gdy szerokość jest  $49^{\circ} 23'$  który wstawa wyniesiona do czworostopnia  $= 0,332$ , mnożąc ją przez 965, otrzymamy 320,38, mnożąc ta dodaną do 56762 daie 57082. We

Prawdzi-  
wá figura  
ziemi.

Fran-

Francyi zaś pod taką szerokością  $49^{\circ} 23''$  przez sam wymiar znalezioną długość stopnia = 57074,5 sażni, która mało co się różni od długości tego przez rachunek odkrytej = 57082. To co się tu okazało na trzech stopniach za przykład przytoczonych, sprawdzić się może i na innych stopniach północnych; na to ogólny wyraz służy  $a = 56782 + 905. 1^{\circ}$  gdzie  $a$  wyraża długość stopnia w sażniach paryzkich,  $r$  zaś oznaczają wstawę szerokości. Wziąwszy więc stosunek między różnicami stopniów za niezawodny, geometrycznie okazać można, że ziemia jest płaskokulą (sphaeroid), którego połowa osi jest = 3263282 sażni, promień zaś równika = 3281712 sażni, a przeto są też linie prawie w stosunku 177:178. Taki więc kształt ma ziemia przynajmniej w północnej swej stronie: a południowa zaś strona, że nie jest zupełnie iey podobną, przekonywać zdaje się i długość stopnia, i długość wachadła sekundowego, wymierzana przez JP. de la Caille na przykładu dobrej nadziei.

## §. V.

Jeżeli więc miła Polska zamyka w sobie 3600 sażni Paryzkich, tedy połowa osi ziemskiej północną wynosić będzie 206,467, promień zaś równika ziemskiego 211,587 mil Polskich, zaczęm różnicę między połową północną osi, i promieniem jest

Wielkość  
ziemi



jest  $\approx 5,12$  mil, i tyle to wynioslejszą jest ziemia pod równikiem iak pod biegunem północnym: część zaś iey południowa, lubo w rzeczy samey inny ma kształt iak północna, z tem wszystkiem nie może bydź bardzo różna od nię; wzięwszy więc liczbę 909 szrodbieźną między 911,587, i 906,467; ziemia zbliżyć się będzie do kuli promienia 909 mil Polskich, a przeto powierzchnia iey prawie zamykać będzie 10383344 mil kwadratowych, czyli równać się będzie kwadratowi, którego bok  $\approx 3222$  mil: bryłowość zaś prawie  $\approx 3146163400$  mil sześciennych, która to miąższość jest zaiste nader ogromną względem ciał nas otaczających (Wstęp XV. 2.).

## § VI.

Kula ziemską około osi swojej obracając się, wszędzie zmniejsza ciężkość ciał ziemskich, a to z przyczyny sił odszrodpędnych w tym obrocie wznieconych; należy więc rozróżnić ciężkość bezwzględną (*gravitas absoluta*) to jest ciężkość taką, iakąby miały ciała, gdyby się ziemia nie obracała około osi swojej, od ich ciężkości względnej (*gravitas relativa*) czyli ciężkości takię, iaką teraz w nich dostrzegamy. Jakoż ciężkość bezwzględna pierwotkową pod równikiem ziemskim przy B działającą wprost ku szrodkowi C, wyraziwszy przez promień BC, siłę

zaś

Ciężkość  
bezwzględna i  
względna.

Fig. 149.

zaś odśrodkowa także pierwiastkowa tamże przez linią BD, będziemy mieli ciężkość względną przy B (którą nazywamy)  $g = CB - BD$ ; gdyż kierunek siły odśrodkowej zawsze jest pionowy do osi obrotu, a tém samém wprost przeciwny kierunkowi ciężkości. A że na inném iakiémkolwiek miejscu ziemi między równikiem i biegunami nie cała siła odśrodkowa przeciwna jest ciężkości bezwzględnej, przeto nieiaka tylko częścią swoją osłabia ciężkość. Chcąc zaś oznaczyć to osłabienie, dajmy że AC jest połową osi ziemi, EC zaś promieniem ięć jakimkolwiek, pomiędzy równikiem i biegunem A, poprowadźmy linią EF prostopadłą na AC: a okaże się, że punkt E obracać się będzie około środka swego F, i w tymże samym czasie opisze koło swoje, co i punkt B; przeto kierunek EG siły odśrodkowej pierwiastkowej  $f$ , w miejscu E przypadnie na linią FE przedłużoną, a tak też siła odśrodkowa  $f = EG$  mieć się będzie do siły odśrodkowej pod równikiem BD, iak EF: CB (Roz. I. II. Roz. II. I.). Położywszy więc kąt ECB  $= r$  będzie  $f = BD$ . Dosta  $r$ , ale gdy na promień CE przedłużony, spuścimy prostopadłą GH, tedy siła GE  $= f$  rozebrać się będzie mogła na siły EH, GH: z których pierwszą tylko wprost przeciwną jest ciężkości bezwzględnej G w miej-

## O FIGURZE I WIELKOSCI ZIEMI 441

scu E, a zatem onę osłabia. Ponieważ więc ziemia prawie jest kulista, tedy bez znacznego uchybienia, wszędzie brać można kierunek ciężkości dążący do środka ziemi, a przeto kąt ECB za szerokość miejsca E, i za wstawę szerokości: jest zaś  $EH : f = EF : EC = \text{Dosta. } r : 1$ , przeto  $EH = f$ . Dost.  $r = BD$ . Dosta.  $r^2$ .

### §. VII.

Ciężkość więc względna pod równikiem jest  $= CB - BD$  w miejscu zaś E  $= G - BD$ . Dosta  $r^2$  a przeto różnica ich obydwóch czyli wzrost ciężkości względny od B aż do E  $= G - BD$ . Dost.  $r^2 = CB + BD = G - CB + BD$ . (  $1 = \text{Dosta } r^2$  )  $= G - CB + BD$ . Wsta  $r^2$ . Gdyby więc ciężkość bezwzględna na wszystkich miejscach ziemi była iednaka, byłoby  $G = CB$ , wzrost zaś ciężkości względny byłby  $= BD$ . wsta  $r^2$ . Ale doświadczenia nauczają, iak zaraz zobaczymy, że ciężkość bezwzględna pod biegunem nie co większą jest, iak pod równikiem, co jest skutkiem większej odległości równika ziemskiego od środka ziemi, a niżeli jest odległość bieguna od tegoż środka. Doświadczył bowiem Buger w górzystych krajach Ameryki, że wachadła na wieżchołkach gór najwyższych, bardziey się opóźniają, a niżeliby opóźniać się powinny stosownie do powiększonney prędkości obrotu i siły odśrodkowney, a przeto że cięż-

Ciężkość  
względna  
rośnie  
w stosun-  
ku kwa-  
dratowym  
wstaw  
szerokości

ciężkość bezwzględna mniejsza jest w większy od środka ziemi odległości. Okaze się zaś niżej, że biorąc ziemię za jednorodną wzrosty ciężkości bezwzględny na ięj powierzchni od równika ku biegunóm, są prawie w stosunku kwadratowym wstaw szerokości miejsc. A jeżeli tak będzie, więc i wzrost ciężkości względny w punkcie n. p. E prawie  $= a$ . Wsta  $r^2 + BD$ . Wsta.  $r^2 = (a + BD)$  wsta.  $r^2$ , gdzie  $a$  wyraża ilość stałą i taką, iżby była  $G - CB = a$ . Wsta  $r^2$  to jest: jeżeli ziemia jest jednorodną, wzrosty ciężkości względny od równika ku biegunóm idąc, zachowują stosunek kwadratowy wstaw szerokości; o czém właśnie doświadczenia wachadeł przekonują.

## §. VIII.

Wachadło pojedyncze sekundowe pod równikiem jest  $= 439,21$  linii, w Rzymie zaś  $= 440,29$  linii, różnica więc tych dwóch długości wachadła jest  $= 1,08$  linii. Kwadrat wstawy szerokości Rzymu, czyli Wsta ( $41^\circ 54'$ )  $= 0,446$ . Rozdzielwszy liczbę  $1,08$  przez  $0,446$  wypadają  $2,42$  długość więc l wachadła sekundowego na każdą inną szerokość północną  $r$  powinna być  $= 439,21 + 2,42$  Wsta  $r^2$ . I tak jeżeli w Leydzie szerokość północna jest  $52^\circ 9\frac{1}{2}'$ , kwadrat więc ięj wstawy, czyli  $0,62362$  rozmnożywszy przez  $2,42$  i mnogość  $1,509$  do  $439,21$  dodawszy, wy-

Doświad-  
czenie ty-  
czące się  
ciężkości  
względny

padacby powinna długość poiedynczego wachadla sekundowego = 440 719 linii; ale w istocie samęy znaleziono ją = 440 718 linii, podobnież i inne postrzeganiá dokladnie wachadla zgadzają się ze sobą równaniem  $1 = 439,21 + 2,42 (Wsta r^2)$ . Na samym więc biegunie północnym, gdzie nikt doysdź nie może, i gdzie wstawia szerokości = 1, długość wachadla poiedynczego będzie = 441,03 linii. Paryżskich, a przeto ciężkość względna pierwiastkowa pod równikiem ma się do ciężkości względnej pod biegunem północnym, jak 439,21: 441,03; to jest prawie jak 177: 178 a tem samém jak północną połowa osi ziemi, do promienia równika (4.).

## §. IX.

Stósunek zaś zachodzący między ciężkością pierwiastkową bezwzględną i względną następującym sposobem oznaczyć można. Ponieważ gwiazdy stałe, zdają się nieustannie swoje obroty iednostayne, czyli obiegi odprawiać w 23 godzin 56' 4" czyli raczey we 23 godzi. 56' 3 $\frac{1}{2}$ " (Wstęp XII. 15.) idzie zatém, że kula ziemská w tymże czasie czyli w 86164 sekundach ieden obrot swój zupełny iednostaynie odbywa. A że w każdym kole stósunek obwodu do srednicy jest = 3,14159: 1 a przeto stósunek obwodu do promienia = 6,283: 1 rozdzieliwszy więc liczbę 86164 przez 6,283 przekonamy

Stósunek zachodzący między ciężkością bezwzględną i względną.



my się, że każdy punkt równika ziemskiego, taką prędkością obraca się, jaką prędkością promień równika w czasie 13713" biegiem iednostaynym mógłby być przebieżonym. A ponieważ wachadło poiedynczé sekundowe pod równikiem w próżni jest = 439,21. liniy, stósunek zaś spadku wolnego w każdym mieyscu ziemi w próżni w czasie sekundy, do tegoż spadku przez połowę długości wachadła poiedynczego sekundowego na témże samém mieyscu jest = 3, 14159:1 (Xię. II. Roz. IV. 14.) przeto czas wolnego spadku przez 219, 605 liniy będzie pod równikiem

$$= \frac{1}{3, 14159}, \text{ sekund, a tém samym (gdyż}$$

kwadraty czasów spadków mają się jak wysokości) wysokość x, przez którą pod równikiem ciała wolnie spadają w przeciągu

sekundy = 219, 605.  $3, 14159 = 2167, 41'''$   
 Połowa promienia równika ziemskiego zawiera w sobie 1640856 sążni (4.) czyli 141769, 9584,''' liczbę tę rozdzieliwszy przez 2167, 41, otrzymamy 654098, kwadrat liczby sekund, w których przeciągu punkt ciężki pod równikiem przez połowę promienia równika samowolnie spada, (jeżeli ciężkość jego zawsze iednaka została) liczba więc ta jest 808, 76 sekund: prędkością zaś nabytą w tym spadku w równym czasie, biegiem iednostaynym, cały

cały promień przebieść może. Ma się więc ta prędkość do prędkości obrotu, iak 808,76: 13713 = 1:16,955. Ale gdyby każdy punkt równy obracał się prędkością w samowolnym spadku przez połowę promienia i równika, nabytą, siła tegoż punktu odrzodpędna wyrownywałaby ciężkości (Roz. I. II.). Zaczem siła odrzodpędna ma się do ciężkości względny pod równikiem, iak 1:16,955<sup>2</sup>, czyli iak 1:287,5. Ma się więc pod równikiem ciężkość bezwzględna do względny, iak 288,5: 287,5.

## § X.

Z tego, co poprzedziło, wnieść należy naprzód, że siła odrzodpędna nader iest mała względem siły ciężkości na powierzchni ziemi; powtóre że wachadło sekundowe pojedyncze pod równikiem długie na 439, 21 linii musiałoby się prze-  
 dłużyc częścią swoją 287, 5<sup>14</sup> gdyby samą tylko siłą ciężkości bezwzględną było na-  
 gloné, a gdyby się ziemia około osi swéj nie obracała. Toż więc wachadło byłoby wtedy długie na 440, 74 linii Paryzkich, i miałoby się do wachadła sekundowego pod biegunem północnym iak 440, 74: 441, 63 (8.). A że pod samym biegunem nie masz żadnego obrotu, i żadny siły odrzodpędny, przeto tam ciężkość względna równa iest ciężkości bezwzględny, a stąd ciężkość pierwiastkową bezwzględna

Ciężkość bezwzględna nie co większą iest pod biegunami iak pod równikiem.

dną pod równikiem, ma się do ciężkości pierwiastkowej bezwzględny pod biegunem, jak 440; 74: 441. 64; (Roz. II. 4.) jest więc ta ciężkość pod biegunem nie co większa.

## §. XI.

Gdyby cała kula ziemski z początku była płynną, wniosek stąd wypadłby, iż by nie mogła nabyć kształtu płaskokuli ku biegunom, ('Sphaeroid') tylko przez obrót około swęj osi. Siłę bowiem ośrodkową EG iakięgokolwiek masy ca. E rozbrańszy na dwie siły HG, EH okaże się, że jedna z tych to jest EH, działająca na osłabienie siły ciężkości bezwzględny ku EG, druga zaś HG nagli ku równikowi części przy E będącej. Jakoż ciało z punktu H, spadając, ciężkością swoją nagłone jest ku C, i razem siła HG nagłone ku B, a przeto spada nie po linii prosty HC, lecz po innej iakięj n. p. HI która będąc linią pionową, czyli wierzchołkowa nie jest prostopadła na powierzchnię AEB. A tak tedy części kuli płynnej AEB, pod czas ięj obrotu zewsząd od biegunów ku równikom płyną, iakoby po płaszczyznach pochyłych, i tam się skupiają, przez co krzywizna ziemi AEB, przeistacza się w IEM i linia HI pionowa, albo z pełnie albo prawie co staie się prostopadłą do powierzchni ziemi. Ponieważ więc w rzeczywistości samą ziemią ma kształt płaskokuli pod

Dowodli-  
wa jest, że  
kula ziem-  
ską z po-  
czątku by-  
ła płynną.

Fig. 149.

pod równikiem wypuklejszą, a linie pionowe wszędzie są prostopadłe do powierzchni Oceanu, gdy jest spokojny, jest więc rzeczą nader dowodliwą, że taż kula ziemską w początku była płynną i spłaszczanie się ię, przy biegunach pochodzi od samego tylko obrotu ię około osi; co właśnie widocznie okazuje stósunek ciężkości względny pod równikiem, i pod biegunem północnym; który to stósunek prawie zupełnie się równa stósun- kowi odwrótnemu promieni CM i CL (8.) dowiedźby zaś można, że jeżeli kula ziemską, jest jednorodną i płynną, tedy słupy LC i MC będą równowżyć, gdyż ich długości są w stósunku odwrótnym ciężkości przy L i M, bo stósunek ten między linijami CM i CL mógł pochodzić stąd, że miąższość ziemi płynną do równowagi wszędzie się układała.

## §. XII.

Nie idzie jednak stąd, żeby ziemia miała być z początku tak płynna jak woda, której cząstki mając z sobą spoynność bardzo małą, są nąyruchliwszą. Wiele się bowiem znajduje płynów lipkich, których cząstki nawet w spoczynku nie równo ważą się tak dokładnie, jak cząstki wody. Takim płynem pomiędzy innemi jest owa materya rozpalona, z gór ognistych wybuchająca, którą lawą nazywają. Powierzchnia téj materyi, nigdy prawie nie

Kula ziem-  
ska jeżeli  
była płyn-  
ną, nie  
mogła  
być tak  
bardzo  
płynna jak  
woda.

jest zupełnie płaską ani poziomą, lecz zawsze pochyła i nie równa; przeto chociaż z natury ciężkości (o czém niżej) możnaby przez rachunek znaleźć figurę którą kula ziemską ze wszystkich stron dążąc do równowagi wzięłaby, gdyby tak była płynną iak woda, nie idzie jednakże stąd, żeby w istocie saméj ten a nie inny kształt mieć miała. Dowodliwą bowiem jest, że iéy miąższość nigdy tak nie była płynna, iak woda, lecz gęścieyszą, a przeto figura iéy musi się nie co różnić od figury takiéy, o iakiéy wyżej mówiliśmy.

## ROZDZIAŁ IV.

### *o biegu Xiężyca.*

#### §. I.

Siła  
wtrzo-  
d-  
pędna  
Xiężyca

Xiężyc obraca się około ziemi w okręgu prawie koła mającego szrodek tém sam co i ziemia. Przeto iakoby ustawicznie pociągany jest ku ziemi iakaś siłą wstrzodpędną, gdyż inaczéy z przyczyny siły upornej (*vis inertiae*) musiałby odejść od ziemi po linii prostéy stycznej tegoż koła. Dowodliwą zaś jest, że siła ta nie jest co innego, tylko sama ciężkość, którą wszystkie ciała na powierzchni ziemi znajdujące się pociągą do iéy szrodka; bo doświadczamy że ciała mają

cięż-



ciężkość swoją w najwyższych nawet wysokościach; a stąd wnieść można, że też ciężkość rozciąga się aż do księżyca? Ale iako na wierzchołkach gór, ciała mnię cięża niż przy tychże gór spodzie, tak też nierównie mnięszą być musi ciężkość ciał w takięj odległości, iako jest księżyc od ziemi. Zmniejszanie się takowé ciężkości, na każdą daną odległość od środka ziemi wynaleziona być może z biegów księżyca czyli Satellesów Jowisza i Saturna: księżyc bowiem té obracaia się około swych głównych planet, po okręgach prawie kołowych tak, iak nasz księżyc około ziemi, a przeto podobnemi siłami wszerzodpędnemi ku tymże planetóm są pociągane. Dowodliwé zaś jest, że siła wszerzodpędna około ziemi, tymże prawóm podlega, którym podlegaia siły wszerzodpędne około Jowisza albo Saturna.

## §. II.

Przed odkryciem *Herschela* Jowisz cztery, a Saturn pięć miał około siebie postrzeżonych księżyców (Wstę. XII. 50.) odległości tych księżyców od środka ich planet głównych rachowane na promienie średnie tychże planet, iako też czasy w stosunkach obieżné średnie są następujące.

Siły  
wszerzod-  
pędne ciał  
niebie-  
skich są  
w stosun-  
kach spacz-

„Ee 808065 687 1000 Xig-

## Xieżycców Jowisza

	Igo.	IIgo	IIIgo	IVgo
Odległości	3,965.	9,494.	15,141.	26,63.
Czasy obieżne	42 godz. 27' 33."	85go. 13' 42"	171go. 42' 33"	400go 32' 8".

## Xieżycców Saturna

	Igo.	IIgo	IIIgo	IVgo	Vgo.
Odległości	4,803	6,268	8,754	10,295	59,154.
Czasy obieżne	45go. 18' 27"	65go. 44' 22"	108go. 25' 12"	382go. 34' 38"	1903go. 47'

nym kwa-  
dratów,  
odległo-  
ści od  
szrodka.

Ma.

# OBIEGU XIEZYCA 451

Mają się więc odległości xieżyców, Jowisza prawie jak liczby 1; 1,591; 2,538; 4,464; czasy zaś ich obieźné iak 1; 2,007; 4,044; 9,433: sześciiany liczb piérwszého szeregu są iak 1; 4,027; 16,35; 88,96; kwadraty, zaś liczb drugiého szeregu 1; 4,028; 16,35; 88,98; to iest sześcianny odległości Xieżyców Jowiszowych, równie iak i Saturnowych są iak kwadraty ich czasów obieźnych. I toż prawó ma mieyscé nawet w planetach głównych, ieżeli ié uważać będziemy co do obrotu ich około słońca, iako to okazał Kepler na poczatku wieku przeszłego. Widzieliśmy iuż że (Roz. I. 13.) gdy dwa ciała A i B obracają się w kołach promiēni R i r, a czasy ich obieźné są T i t, na ten czas ich siły piérwiastkowe wsrzodpędné v, i f są w stósunku  $\frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$  przeto  $\sqrt{r}T^2 = fRt^2$ .

Ponieważ tedy iest:  $T^2 : t^2 = R^3 : r^3$ , co właśnie má mieyscé w planetach i w jch xieżycach, czyli skoro  $T^2 r^3 = t^2 R^3$  będzie  $\sqrt{r}R^3 = fRr^3$  czyli  $\sqrt{r}R^2 = fr^2$  skąd v: f =  $r^2 : R^2$  to iest siły wsrzodpędné są w stósunku odwrotnym kwadratów odległości od srzodka. Ponieważ więc siły wsrzodpędné wszystkich ciał niebieskich zmniejszają się w stósunku kwadratowym odległości od srzodka, nader dowodliwa iest, że i siła wsrzodpędna xieżyca w tymże iest stósunku, a przeto że się zmniejsza

Es 2                      co raz

coraż w stosunku kwadratowym odległości od środka ziemi.

## §. III.

Siła  
wszrod-  
pędna  
księżycy  
nie co in-  
nego jest  
jak tylko  
ciężkość  
jego ku  
ziemi.

Fig. 150.

Wielkość siły wszrodpędnej pierwiastkowój księżycy następującym sposobem oznaczyć się może: księżyc w przeciagu 27 dni 7 godzin  $43\frac{1}{5}$  minut, czyli w 655, 72 godzinach przebiega całą drogę swoją (Wstę. XIV. 25) podzieliwszy więc jego drogę na 360 stopni, wypada, że księżyc w przeciagu iednój godziny przebiega 32,94 czyli prawie 33 minut. a przeto w przeciagu iednój minuty przebiega 33 sekund. Dajmy że łuk  $AB = 33$  sekund i że  $C$  wyraża środek ziemi, linia zaś  $CA$  lub  $CB$  wyraża promień średni drogi księżycy,  $AE$  styczną,  $BD$  prostopadłą do  $AC$ , wziąwszy więc  $AC$  za wstawę całą  $= 1$ ,  $BD$  będzie  $=$  Wsta  $33''$  linia zaś  $EB$  do stycznój prostopadła  $= AD$ , a przeto  $AD:DB = AC:AD$  A że  $AD$  jest ilością prawie nieskończenie małą względem  $AC$  będzie więc blisko  $AD:DB = DB:AC$ , skąd  $AD = \frac{DB^2}{2AC} = \left( \frac{\text{Wsta } 33''}{2} \right)^2$ . Ze

zaś wstawy łuków nader małych mają się jak same ich łuki; a Wsta  $60'' = 0,0002929$  będzie więc wsta.  $33'' = 0,00019$  a połowa iey kwadratu  $= 0,00000018$ . Promień średni drogi księżycy zamyka w sobie prawie 60 promieni średnich ziemi (Wstę.

## O BIEGU XIEŻYCA 453

(Wstę. XII. 39.) promień zaś szredni ziemi  $= 3272497$  sążni  $= 12634982$  stóp (Roz. III. 4). Rozmnożywszy więc tę liczbę przez 60 i przez 0,0000000128 otrzymamy  $AD = 15,0798$  czyli blisko 15,1 stóp. Xieżyc tedy tyle siłą swoją wsrzodpędną zbliża się ku ziemi w przeciągu pierwszey sekundy (Roz. I. 8). Ponieważ więc kwadraty czasów, w których się rodzi bieg od siły iakięj iednostaynéy, są w stósunku mieysc, idzie stąd, że xieżyc taż siłą wsrzodpędną w przeciągu sekundy spada przez  $\frac{15,1}{3600}$  stóp. Ale gdyby xie-

życ znajdował się na samęj powierzchni ziemi, siła iego wsrzodpędną powiększona w stósunku kwadratowym zmniejszonéy odległości od szrodka ziemi, byłaby 3600 razy większą, a zatém ta siła w przeciągu sekundy, zrodziłaby bieg 3600 razy większy a niżeli w odległości CA. Xieżyc więc siłą swoją wsrzodpędną przy powierzchni ziemi przebiegłby spadając 15,1 stóp w czasie sekundy; co właśnie prawdzi się na wszystkich ciałach ziemskich. Zaczém siła wsrzodpędną xieżycą nie co innego iest, iak tylko taż sama ciężkość, która wszystkie ciała ziemskie na dół nagli.

### §. IV.

Szrednica xieżycy widzialná (apparens) i uważana przez narzędziá matema Xieżyc  
tycz-



obracać się  
około zie-  
mi w El-  
lipse  
czyli nie-  
dorzutni.

Fig. 151

tyczné, iuż większą iuż mniejszą nām się pokazuie, tak dalece, że od 29', 25" docho-  
dzi aż do 33', 34"; skąd się wnosi, iż  
xiężyc raz bliżey, drugi raz dalszy iest od  
ziemi, a przeto że obracając się około  
ziemi, nie kręśli koła lecz inną jakąś linią  
krzywą; o czém ażeby się przekonać,  
dāmy, iż Ciest szrodkiem ziemi, A szrod-  
kiem xiężycą, a tak ciężkość pierwiastko-  
wā ku ziemi w miejscu A musi mieć iā-  
kąś pewną i oznaczoną wielkość, stoso-  
wna do odległości CA. Gdyby więc  
prędkość xiężycą w A w kierunku styczn-  
ney AE taką była, iżby wysokość iey od-  
powiadaiącą na powierzchni ziemi a była

$$= \frac{AC \cdot g}{2v}, \text{ gdzie } g \text{ wyrāża ciężkość pier-}$$

wiastkowā na powierzchni ziemi, a zaś  
się wsrzedpędną, czyli ciężkość pierwiast-  
kowā w miejscu A. gdyby mówię tak było,  
xiężyc kręśliłby koło około szrodka C,  
gdyż w kole iest  $v: g = AC: 2a$ . (Roz. I.  
9.). Ale jeżeli prędkość xiężycą w kie-  
runku AE iest mnieyszą, na ten czas on nie  
po kole AB, lecz po innéj linii krzywéj  
AD, niżéj AB obracać się pocznie, iako  
mocniéj pociągany ku C niżby pociągany  
bydź powinién, aby kręślił koło; a tak  
zblizaiąc się do szrodka C doznaie co raz  
większéj siły wsrzedpędnéj: że zaś siła  
ta nie iest prostopadła, lecz pochyła do  
jego kierunku, prędkość więc onegoż co-  
raz

## O BIEGU XIEŻYCA 455

raz się powiększą, z przyczyny siły wsrzodpędnej. Ponieważ zaś kierunek xieżyca w jakim punkcie F znowu iest prostopadły do linii CF prowadzonéy ze szrodka sił C, do iego szrodka, która to linia w ogólności nazywa się promieniem wodzącym (\*) (*Radius vector*), prędkość więc xieżyca w tymże punkcie F będzie większa iak w A, promień zaś wodzący krótszy, gdyż przypuszczamy, że xieżyc poczawszy od punktu A, co raz bardziej się zbliżał do szrodka C. Zaczém gdyby i w tém zdarzeniu xieżyc óbracał się po kole FG mającym szrodek C, wtedy wysokość a' do iego prędkości w kierunku stycznéný prowadzonéy do F należącá byłaby

$$= \frac{FC \cdot g}{2v'} \text{ a tém samym } a' < a, \text{ ponieważ}$$

$FC < AC$  a zaś  $v' > v$ . A że prędkość xieżyca większą iest przy F, iak przy A więc  $a' > a$ . Skąd się okazuje, że xieżyc nie może się óbracać po kole FG lecz dla większey prędkości swoiéy w kierunku stycznéný należącáy do punktu F odbiéga od szrodka C po linii krzywéy FH, a co raz bardziej się od niego oddalając, siłę swoię wsrzodpędną zmniejszą. Okazać

zas

---

(\*) Promień wodzący (*Radius vector*) iest linią prowadzoną od szrodka słońca lub planety iakiegokolwiek głównéy n. p. ziemi, do szrodka planety obiegiągácéy około słońca lub planety głównéy.

zaś można, że tym sposobem szrodek xieżyca kręśli linią krzywą do siebie się zwracającą, ADFHA podługowatą, którą nazywają Ellipsą. Punkt C. za szrodkiem Ellipsy przypadający, nazywa się ogniskiem Ellipsy (focus Ellipsis) (\*).

## §. V.

Punkt A drogi xieżyca, w którym jest najodległy od ziemi nazywa się punktem odziemnym (*apogaeum*) punkt zaś F w którym naybliżej ziemi znajduje się xieżyc, zowie się punktem doziemnym (*perigaeum*); podobnież punkt drogi iakowego planety, w którym szrodek jego najdalszy jest od szrodka słońca, nazywa się odsłonecznym tegoż planety (*aphelium*) punkt zaś naybliższy do słonecznym (*perihelium*). Oba te punkta spólnem imieniem nazywają odstępami (*absides*), linią zaś AF czyli oś drogi eliptycznej, linią odstępów (*linea absidum*) odległość ogniska od szrodka drogi, iako to CO, TO nazywa się mimoszrodem (*eccentricitas*)

kąt

(\*) Uwiązawszy końce nici do dwóch punktów C i T nieruchomych tablicy, jeżeli wytyczając też nie styfcikiem, obracać go będziemy około punktów rzeczonych C i T, obrotém tym wykręśli się Ellipsa, mając ogniska C, i T, szrodek O równo oddalony od ogniska; gdzie łatwo widzieć można, że poprowadziwszy z ognisk do punktów Ellipsy którychkolwiek L i M, linie TL, CL i TM, CM, będzie  $TL + CL = TM + CM = AF$  i  $AT = CF$ .

kąt zaś LCA zawarty między miejscem, na którym się w ow czas znajduje xieżyca i miejscem odziemném, podobnie iak i kąt między miejscem, gdzie się znajduje planeta i miejscem iego odstłoneczném nazywa się ustępem prawdziwym (*anomalía vera*). Bieg więc xieżycy nie jest iednostayny, ale poczawszy od punktu odziemnégó, gdzie jest náypowolniejszy, nieustannie się przyspiesza aż do punktu doziemnégo, gdzie ma náywiększą prędkość; a z tego punktu odchodząc, znowu swą prędkość zmniejsza, czyli opóźnia aż do punktu odziemnégó. Takową nierówność biegu dostrzegamy nie tylko w xieżycu naszym, ale téż w xieżycach Jowisza i Saturna. Same nawet planety główne krésłac Ellipsy około słońca, náypowolniejszy mają bieg w miejscach odstłonecznych, a náyprędszy w dostłonecznych, a zaś między temi punktami znajdując się, co raz bardziéy przyspieszają lub opóźniają swe biegi.

## §. VI.

Dámy, że punkt iaki siłą swoją wśródpędą około punktu C krésli linią krzywą ABF, i że w miejscu A iego prędkość taka jest, iż w czasie  $t$  przebieđz może część AD stycznę do A prowadzonę. Niech będzie AB łukiem wykreslonym od punktu danégó w tymże czasie  $t$ , i ten łuk weźmy iakoby za nieskończenie ma-

Po-  
wiérzch-  
nie opisa-  
ne odpro-  
mienia  
wodzące-  
go, są

w stósun-  
ku cza-  
sów.

Fig. 152.

mały; w przeciągu tego czasu, tak krot-  
kiego, siła wśrzedpędna będzie się mogła  
brać za iednostayną, a przeto linia DB za  
równoległą do AC, łuczek AB za linią  
prostą. Poprowadziwszy więc linie DC  
i BC utworzą się trójkąty ADC i  
ABC równe, iako mając spólną podsta-  
wę AC, a zakończone między równole-  
głami AC i DB. Ponieważ więc bieg pun-  
ktu danego po łuczku AB prawie zupeł-  
nie jest iednostayny: poprowadziwszy sty-  
czną BE do B i zrobiwszy ją  $\equiv$  AB pręd-  
kość punktu w miejscu B taka będzie, iż  
tą prędkością w przeciągu drugiey chwili  
 $\equiv$  t przebieść może linią BE. Dajmy,  
że w rzeczy saméy przebiega łuczek BF,  
a będzie iak wyżej linia EF, równoległa  
do BC, i trójkąt BCE  $\equiv$  BAC: ponieważ  
linią ABE brać można za prostą: a że  
też i trójkąt FBC będzie równy trójką-  
towi EBC, zaczęm wycinek (sektor) FBC,  
równa się wycinkowi BAC. Podobnież  
wycinek opi any od promienia wodzącé-  
go w chwili trzeciéy, czwartéy i t. d.  $\equiv$   
t, będzie się równał wycinkowi BAC. Ze-  
brawszy więc razém z jednéy strony liczbę n, z drugiey liczbę m takich wycinków,  
będzie się miał pierwszy wycinek wię-  
kszy ABC złożony z n małych wycinków,  
do drugiego DEC złożoného z m małych  
iak nt: mt, to jest, iak czas strawiony  
na opisanie łuku AB należącego do pier-  
wszć-

Fig. 153.



wszłego odcinka, do czasu strawionego na opisanie łuku DC, drugiego odcinka. Ogólnie więc powiedzieć należy, że wycinki opisané od promienia wodzącego, zawsze są w stosunku czasów strawionych, na przebieganie ich łuków. Przekonywa doświadczenie, że to prawidło ma miejsce w biegu Xieżyca, i owszem *Kepler* już okazał, że ono spólnie służy wszystkim Planetóm do słońca odnoszonym, co powtórnie dowodzi, iż Xieżycku ziemi, planety ku Słońcu wprost dają siłą wśródpedną.

## §. VII.

Jeżeli CT jest linią prostopadłą do styczney punktu A, i CM prostopadłą do styczney punktu D, będzie się mieć prędkość przy D do prędkości przy A iak CT: CM, jeżeli bowiem wycinki ACB, DCE, tak są małe, iż brać się mogą za trójkąty prostokreślne, wtedy czas t, strawiony na opisanie AB mieć się będzie do czasu T strawionego na opisanie DE iak  $ABC:DEC(\sigma) = AB:DE$ . CT:DE. CM. A że wtedy biegi przez AB i DE za iednostayne brać się mogą: będzie więc AB miejscem opisanem prędkością C przy A znajdującą się, zaś DE miejscem opisanem prędkością C, znajdującą się na DE, miejsca zaś te AB:DE mieć się będą iak tC:Te. Przeto t:T=AB:CT:DE. CM=tC:CT:Te. CM, skąd C. CT=c. CM, i CT:CM=c: C. Co powtór-

Prędkość punktu siłą wśródpedną nagłonnego, na każdym miejscu jest w stosunku odwrotnym linii prostopadłej do styczney owegoż miejsca.

Fig. 153.

twierdza to: co się wyżej powiedziało, że jeżeli ciało opisuje Ellipsę, około jakiego środka sił, prędkość tego tym bardziej się powiększa im bardziej się zbliża ciało do tegoż środka, i przeciwnie tym bardziej zmniejsza się, im bardziej się od niego oddala.

## § VIII.

Ziemia  
ciąży na  
Xięzyc.

Jako xiężyc pociągany jest od ziemi, tak też podobnie ziemia musi być pociągana od xiężycy, gdyż postrzegamy w naturze to ogólne prawo, że każdemu działaniu odpowiada oddziaływanie równe i wprost przeciwległe. Prawda, że gdy ciało ziemskie spada ku ziemi, nie postrzegamy wcale żadnego dążenia, czyli biegu ię samę ku tymże ciałom: ale to przypisać należy niezmiernę prawie ogromności ziemi względem ciał ziemskich (Roz. 3. 5.) Wiadomo bowiem, że biegi postępné są w stosunku wieloczynów z miąższości przez prędkości; skoro więc miąższość ciała jakiego do biegu nagłona byłaby nieskończenie wielką, tedy prędkość biegu tego ciała musi być nieskończenie małą. Ale inaczej się rzecz ma z xiężycem, iak z ciałami ziemskimi: ponieważ ziemia tylko 49 razy jest większa od xiężycy (Wstę. XII. 39.) ciężnienie więc ziemi ku xiężycowi, może być znaczne, co właśnie okazują podno-

szć-

szęcia i opadania (*fluxus & refluxus.*) morza, które jak wiemy (Wstę. VI. 13.) iednostaynie odpowiadają biegowi xieżyca, i dokładnie wyłożyć się mogą przez ciężenie ziemi na xieżyc.

## § IX.

Ponieważ xieżyc pociągá ziemię a ziemia Xieżyc, oba te ciała ustawnie będą do siebie wzaiem dążyć w linii prostéy  $CL$  przechodzacéy przez ich szrodki (3) Ze zaś za powiększoną odległością od szrodka, zmnieysza się ciężkość ku temuż szrodkowi, gdy więc na powierzchni ziemi najbliższy xieżycu przy  $d$  znajduje się morzé, czastki iego dążyć będą ku xieżycowi większą ciężkością pierwiastkowa, a niżeli sam szrodek ziemi  $C$ , iak oodlegleyszy od xieżycu: ten zaś szrodek większą ciężkością niż morzé przy  $e$  naysłabsze od xieżycu; a tak różnicą zachodzącą między ciężeniem na xieżyc, czastek przy  $d$ , i ciężeniem na ténże xieżyc szrodka ziemi, pociągá téż czastki od szrodka ku xieżycowi: różnica zaś między ciężeniem szrodka i czastek przy  $e$ , pociągá téż czastki ku niemu. A że morzé wszędzie cięży, ku szrodkowi ziemi  $C$ , zaczęm ciężkość ziemską przy  $d$  i  $e$  zmnieyszać się musi, przez działanie, czyli pociąganie xieżycu, a tén samém słupy wodné przy  $d$  i  $e$ , nie mogą daley równowázyc ze słupami przy  $A$  i  $B$ , chy-

Za co morza we dwóch miejscach przeciwnych wznoszą się, a w dwóch innych przeciwnych zniżają się, czyli opadają.

Fig. 154.

chyba podniosłszy się aż do D i E, przez to zaś ich podniesienie się, muszą się zniżyć słupy przy A i B. Linia bowiem AB jest prostopadła do DE przez środek C przechodzącą, a stąd odległość punktów A, B i środka C od Xieżyca, jest iednaka: a przy iednakięy odległości, iednakię ich wszystkich ciężenie na Xieżyc, ciężenie więc punktów A i B ku środkowi C nic się nie odmienia przez działanie Xieżyca. Gdyby więc ziemia statecznie zachowywała toż samo położenie względem Xieżyca, i nie obracała się, morza nie mogłyby się ułożyć do równowagi podniosłszy się w punktach D i E przeciwlegle znajdujących się na linii przechodzący przez środek ziemi i Xieżyca, a razem opadłszy w punktach A i B także wprost przeciwległych sobie. Toż samo prawdziłoby się nie tylko na równiku AdBe, na którego płaszczyźnie uważamy teraz Xieżyc znajdujący się, ale też na wszystkich innych równoleżnikach ziemskich, lubo podnoszenia się i zniżenia wód coraz bardzięy zmniejszałyby się ku biegunowi; gdyż za równikiem morza ukośnie zbliżając się lub oddalając od Xieżyca, nie mogą przy równych okolicznościach do takięy wysokości pionowęy podnieść się, iak pod równikiem.

## §. X.

Naywię-  
ksze wy-

Obrót ziemi to sprawuie, że te pod-  
noszenia się i odpadania morza, o których  
do:

dopiero mówiliśmy nie są prostopadłe, a  
 zatem dzieie się wylów i odlów. Jeżeli  
 bowiem ziemia obraca się, albo co ie-  
 dno jest, jeżeli xiężyc prawie we 24 gō-  
 dzinach obiegając ziemię z L przychodzi  
 do M, i linia CM przecina morze w Ff,  
 widoczna jest, że woda co raz nainnem  
 miejscu podnosić się będzie, a przeto pod  
 xiężycem nie będzie mogła równoważyć  
 ale nieprzerwanie około ziemi biec  
 musi część Aff Oceanu, ku d, a przeto  
 i woda pod xiężycem znajduiąca się w Ff,  
 nie przestaje biec, czyli płynąć w tym-  
 że kierunku, gdyż bieg ten raz sprawio-  
 ny, znowa ustać nie może. Przyspie-  
 sza się wprawdzie co raz bardziéj ten  
 bieg między A i f, a zaś za f się opo-  
 znia, z przyczyny przyciąganéj wody  
 przez xiężyc, jednakże za f nie co się  
 jeszcze utrzymuje, aż na koniec dla wię-  
 kszego co raz oddalénia się xiężyca zu-  
 pełnie ustanie. Ale woda w AF pozio-  
 mo płynąc, razem téż wznosi się, i kie-  
 runek takowégó iéy biegu z linią do  
 szrodka C prowadzoną formuje kąt roz-  
 warty, kąt ten HFC jest największy  
 w miejscu F pod xiężycem, a za F co  
 raz się zmniejsza, tak jednak iż zawsze  
 zostaje większy od kąta prostégó, czyli  
 C f N, a to z téj przyczyny, że woda i  
 za F bardziéj jest pociągana od xięży-  
 ca, a niżeli szrodek ziemi C. Przeto náy-  
 większe podniesienie się Dd Oceanu jest  
 w tém

lewy mo-  
 rza są ku  
 stronie  
 wschodo-  
 wéy tego  
 miejsca  
 nad któ-  
 rém się  
 xiężyc  
 znajduje.



w tém miejscu D, gdzie iego bieg poziomy ku fd, zupełnie ustaie. Że zaś dla obrotu ziemi, i obrotu księżycy ku wschodowi zdaie nam się, iż księżyc obraca się około ziemi ku zachodowi w przeciągu 24 godzin  $48\frac{3}{4}$ . (Wstę. XII. 23.) wnieść więc należy, że miejsce najwyższe wyléwu D, zawsze iest oddalone od miejsca F pionowego położenia księżycy, a to w stronę wschodnią; oddalenie to, iak naucza doświadczienie, wynosi blisko 45 stopni.

## §. XI.

Na każdém więc miejscu Oceanu prawie przez trzy godziny po przeysciu Xiężycy przez Południk dzieie się wyléw, przez trzy godziny po iego zachodzie odléw, przez trzy godziny po przeysciu iego przez południk przeciwstópnioy (an, tipodum) powtórný wyléw, i przez trzy po wschodzie powtórný trwá odléw. A tak tedy podnoszenie i opadanie morza codziennie dzieie się, a to bądź księżyc znajduie się na płaszczynie równika, iakieśmy dotąd uważali, bądź na innym iakim równoleżniku. Jeżeli się księżyc znajduie na równiku, który będąc kołém wielkim, przecina się z poziomym na dwoiey czasý: wyléwu i odléwu prawie zawsze będą równe; to iest 6 godzin i 12' (Wstę. VI. 13.), ale jeżeli się znajduie za płaszczyną równika, we wszystkich

kich miejscach za tymże równikiem, albo się dłużey bawi nad, niżeli pod poziomem, albo dłużey pod, niż nad poziomem. Stąd tedy czasy wylęwów i odlęwów bydz muszą nierówne, chociaż zawsze we 24 godzinach i  $48\frac{3}{4}$  po wylęwie: znowu nastaje odlęw: nierówność zaś ta w miejscach, których szepokłość nie jest znaczna, jest pomierna, ale w miejscach poblizszych biegunom, jest coraz znaczniejsza, tak dalece, iż na koniec Ocean w czasie 24 godzin  $48\frac{3}{4}$  zdaje się raz tylko podnosić i opadać, ponieważ czasy srzodkujące między dwoma odlętami i wylęwem szrednim, tak są małe, iż tych wcale dostrzedz nie można. A iako biegi te morza tém są słabsze, im bardzię się posuwają ku biegunom, (9) tak téż nie dziw, iż one na koniec zupełnie postrzegane bydz nie mogą.

## §. XII.

Wzbiérani i opádani morza w miejscach mało co rozciągłych między wschodem i zachodem, lub téż w miejscach miałkich i wiele wysp mających pospolicie nie znaczne bywają, co przypisać potrzeba niełatwemu spływanu z opodań wód i ichże o ziemię tarcia osłabianemu prędkość biegu wód. A ieżeli w których z nich daia się postrzedz iakokolwiek znaczne wylęwy i odlęwy, te pochozą z Oceanu łączącego się z niemi, w którym

Nie wśy-  
stkie mo-  
rza jedna-  
ko wzbié-  
raia i opá-  
daja. Naj-  
większe  
mają wyle-  
wy i odlé-  
wy przy  
biegach.

rym wzniesione wody, dążąc do równowagi spływają do nich przez cieśniny, i one podnoszą, po odlęwie zaś Oceanu, nazad się do niego powracają wody przez też cieśniny, i przez to sprawiają ich opadania. Wylęwy i odlęwy takowych morz náywiększe bywają przy brzegach i większe częstokroć iak na morzach otwartych. Tebowiem biegi morza tak iak i wszystkie inne od ciężkości pochodzące, nie na saméy, tylko powierzchni morza znajdują się, ale i wewnątrz. Morze więc ku brzegóm nakształt rzeki skatami i występującemi brzegami, co raz bardziej ściska się, a tём samém coraż bardziej się wznosi, aż na koniec na samych brzegach, gdzie wszystek bieg jego zastanawia się, wznosi się do wysokości odpowiadającej jego głębkości, która częstokroć bywá znaczna.

### §. XIII.

Xiężyc здаie się codziennie obracać około ziemi na płaszczyźnie iakowégoś równoleżnika n. p. Ad Be, którego szrodek C przypada na osi ziemi. Znajdując się więc xiężyc na takowéy płaszczyźnie za równikiem pociągać będzie morzé w D i E nie iuż pionowo, ale ukośnie, a zatem morzé przy równych nawet okolicznościach nie będzie mogło tak wysoko podnieść się pionowo, iak się podnosi pod równikiem, gdy xiężyc znajduje się na

Wylęwy i odlęwy morskie (przy innych różnych okolicznościach) tём są większe im mnieysza jest xięży-

## O BIEGU XIEŻYCA. 467

na jego płaszczyźnie. Że zaś prawie cała oś ziemską jednak jest odległą od xieżyca, wody więc tém wyżej wzniosą się, im odległość xieżyca od punktu C większa jest od odległości jego od punktu d, to jest, im większy jest promień równoleżnika Cd, bo tém większą zachodzi różnica między ciężeniem ku xieżycowi punktów A, d, B, e, ale też za to i bieg poziomy wód około ziemi od wschodu ku zachodowi, tém większy być musi, iako w jednymże czasie, tém większe miyscye przebiegających. Ponieważ więc promień Cd, największy jest na samym równiku, przeto wylęwy i odlęwy morza, przy innych równych okolicznościach, większe być muszą pod czas znaydowania się xieżyca na równiku iak za równikiem a tem mnieysze, im jego oddalenie się większe jest od równika. (Wstę. VI.) Stąd wyrozumieć można, za co wylęwy i odlęwy przy równych okolicznościach większe są, gdy jest xieżyc w doziemniku, a wtedy mnieysze gdy jest w odziemniku. Ciężkość bowiem pierwiastkowa ziemi ku xieżycowi, przez przybliżenie się do niego xieżyca, powiększa się, przez oddalenie się zaś zmniejsza.

ca odległość od równika i od doziemnika.

### §. XIV.

Gdyby ziemia nie ciążyła na słońce, lecz tylko na xieżyc, tedy wzniesienia i opadania morza, żadną miarą nie mogłyby

Ziemia cięży także na słońce.

by zależec od położenia księżycy względem słońca. Ale jeżeli ziemia cięży na słońce, to jest: jeżeli ją słońce pociąga, i jeżeli to pociąganie większe jest, iak pociąganie przez księżyc; tedy siła, którą słońce chociaż najbardziej oddalone od ziemi porusza morza, znaczna być może. A że nauczą doświadczenie, że przy równych okolicznościach wzbierania i opadania morza największe na Nowiu i Pełni (*Sizygijis*) w pierwszy zaś i ostatni kwadrze najmniejsze bywają, wniesć więc należy, że słońce pociąga ziemię, a to bardziej jeszcze iak księżyc. Jakoż pod czas pełni lub nowiu szrodek ziemi słońca i księżycy znajdują się w jednéjże prawie linii prostéj, a stąd też same części Oceanu dwoistą siłą, to jest od słońca i księżycy pochodzącą, wznoszą się i opadają, zaś podczas kwadr, części Oceanu, które księżyc podnosi pociąganiem swoim, słońce je zniża i przeciwnie; a przeto wtedy zbierania i opadania wód pochodzą tylko od różnicy zachodzący między siłą pociągania ziemi przez księżyc a siłą pociągania téjże ziemi przez słońce, a tém samém mniejsze być muszą iak w pierwszym przypadku. (Wstę. VI. 15.) Wzbierania zaś te i opadania największe, nie w sam dzień nowiu lub pełni przypadają, lecz trzema prawie dniami późniéj. Ocean bowiem raz wzruszony od księżycy i słońca, nie może



może razem stracić bieg swój, chociażby księżyc i słońce razem przestali nań działać. Morze zatem za pomnożeniem się co raz większym siły słońca i księżyca, co raz wyższy się wznosi, a nawet nie przestaje wznosić się, chociaż siła ta już się poczyną zmniejszać: tak właśnie iak się dzieje z upałem słonecznym, który od wschodu słońca, co raz bardziej się natężając, nie pod czas południa, ale około trzeciej prawie godziny jest największy, chociaż na ten czas siła promieni słonecznych jest słabsza. W ogólności zaś powiedzieć można, że wzniesienia i opadania morza, nie równie mniejsze byłyby iak bywaia, gdy morze wzrzucone od poprzedzającego wylęwu pierwszy się uspokoiło, a niżeli drugie poczyną się.

### §. XV.

Jeżeli wylęwy i odlęwy morskie, widocznie przekonują, że słońce pociągą ziemię, łatwo też domyslić się można, iż bieg księżyca, bardziej jeszcze iak wzbierania i opadania morskie, zawisnąć powinien od działania nań słońca, gdyż różnica między odległością najmniejszą i największą księżyca od słońca wynosi prawie 120 promieni ziemskich, a przeto nie równie większa jest od różnicy między odległością powierzchni i szrodka

Bieg księżyca około ziemi zmiénia się nieco przez ciążenie tegoż księżyca na słońce.

Fig. 155.

ziemi

ziemi od słońca. Niech S wyraża srzodek słońca, T srzodek ziemi, a tak linia ST będzie na płaszczyźnie rocznokręgu (*Ecliptica*) a ponieważ płaszczyzna drogi księżycy, przecina płaszczyznę rocznokręgu pod kątem blisko  $5^{\circ}$  (Wstęp § 1. 23) połowa więc drogi księżycy AIE nad rocznokręgiem, a połowa AMB pod rocznokręgiem przypada. Dajmy, że księżyc znajduje się w miejscu L, poprowadźmy linię LM przez T przechodzącą, słońce więc bardziey pociągać będzie księżyc zostający w miejscu L niżeli srzodek ziemi T, i przeciwnie bardziey będzie pociągać srzodek ziemi T, niż tenże księżyc w miejscu M znajdujący się. Siła LO, którą księżyc w L bardziey niż ziemia jest pociągany ku słońcu, ma kierunek LS, na płaszczyźnie więc przez LS przechodzący, a do płaszczyzny drogi księżycy prostopadły, może się ona rozebrać na siłę IN mającą kierunek przypadający na płaszczyźnie drogi księżycy, i na siłę NO, prostopadłą do téjże płaszczyzny a wprost ległą względem płaszczyzny rocznokręgu. Podobnie siła MQ, którą księżyc mniey, a niżeli ziemia jest pociągany od słońca, a przeto którą jest naglony ku MQ, rozebrać się może na siłę MP, znajdującą się na płaszczyźnie drogi Księżycy, i na siłę PQ prostopadłą do téjże płaszczyzny i razem wprost ległą względem płaszczyzny

żny rocznokręgu. Zaczem xiężyc w obu stronach swęy drogi, iest iakoby ciągniony do płaszczyzny rocznokręgu, a tém samém ięgo szerokość zmniejsza się (Wstęp XII. 22.). Z czego się pokazuje, że xiężyc bądź znajduję się w części swęy drogi wprostległey (względem słońca) bądź tam gdzie iest miejsce nowiu, bądź w stronie przeciwległey, gdzie miejsce pełni szerokość ięgo przez pociąganie słońca prędkęj niknie to iest, prędkęj xiężyc przychodzi do węzła (nodus) swego (Wstęp XII. 42.) a niżeliby przyszło, gdyby słońce nań nie działało; przeto węzeł, do którego dąży xiężyc z jednęy strony zawsze ku miejscu nowiu, z drugięj ku miejscu pełni, iakoby posuwa się.

## §. XVI.

Dáymy, że na drodze xiężyca punkta A i B są miejscami kwadr a zaś C i D miejscami nowiu i pełni, skąd następujące wypadają uwagi 1<sup>a</sup> Jeżeli węzły przypadają w samych punktach A i B, gdy xiężyc przebiega łuk ACB węzeł B uchodzi ku C, a przez to samo cofa się, gdy zaś xiężyc przebiega łuk BDA tedy węzeł A cofa się ku D (15.); zaczem w tym razie węzły przez cały czas obrotu xiężyca cofają się, to iest, postępują wspak znaków niebieskich, lubo sam xiężyc zawsze porządkiem tychże znaków postępuje. 2<sup>a</sup> Jeżeli węzły przypadają w punktach G, H, a xiężyc

Cofanie się węzłów xiężyca.

Fig. 156.

prze-

przebiegą łuk AG tedy węzeł G rchożi ku C, a przeto postępuje; gdy zaś xiężyc kryśli łuk CB, tedy węzeł H zbliża się do C a tém samém się cofa; a gdy znowu xiężyc przebiegą łuk BH tedy węzeł H, przybliża się ku D, a zatem postępuje, a gdy xiężyc téż przebiegą łuk HDA, tedy węzeł G zbliża się co raz bardziej ku D, a zatem się cofa. Ze zaś łuki GCB, HDA, większe są od łuków AG, BH, przeto cofanie się węzłów jest większe niżeli ich postępowanie. <sup>3<sup>a</sup></sup> Jeżeli węzły przypadaia w punktach E, F podobnież przekonać się można, iż w tym także razie, gdy xiężyc przebiegą łuki ACF, BDE węzły się cofaia, a postępuia, gdy xiężyc przebiegą łuki EA, FB a przeto więcej się cofaia, iak postępuia. <sup>4<sup>a</sup></sup> Jeżeli nakoniec węzły przypadaia w samych punktach nowiu i pełni C i D, wtedy téż węzły wcale biegu nie maia, gdyż pod czas biegu xiężyca przez łuk CB, węzeł D musi zbliżyć się do C, a pod czas biegu ięgo przez łuk równy tamtemu BD znowu od tegoż punktu C oddalić się: a tak na miejscu swoim D zostaje. Co przekonywa, że w przeciągu roku każdego węzły xiężyca zawsze się cofaia przez pewną ilość łuku, i Newton okazał, którego nadzwyczajnému do-wcipowi winniśmy najpierwsze odkrycia rzetelnych prawideł ciał niebieskich, że węzły w rzeczy saméy co rocznie tylé się cofa-

cośta, ile się cość powinny według praw  
działania słońca na xieżyc. Cośta się zaś  
corocznie, iak nauczą doświadczenie,  
przez  $19^{\circ} 19' 43''$  na cōfnięcie się zaś wę-  
złów przez całą drogę xieżyca potrzeba  
18 lat 224 dni 4 godzin 45 minut.

## §. XVII.

Taż sama siła słońca na płaszczyznę  
drogi xieżyca prostopadła która węzły xie-  
życa coś, zmienia też pochyłość jego płasz-  
czyzny do rocznokręgu. Xieżyc bowiem  
będąc ustawicznie pociągany z płaszczyzną  
swoją od słońca nie może zupełnie po-  
nieć obrotu swego odbywać. Wszakże  
tak mało od nieć o tchodzi, iż uważać mo-  
żna, iakoby zawsze na téjże saméj płasz-  
czyźnie obracał się, a tylko płaszczyzna  
ta miała iakowys bieg mały. Niech BE  
wyróża płaszczyznę rocznokręgu, i niech  
ia rzeczona płaszczyzna xieżyca przecina  
pod kątem LAD, a to wtedy, gdy xieżyc  
znayduje się w L, i co raz bardziéj odda-  
ła się od rocznokręgu. Ponieważ xieżyc  
po swéj płaszczyźnie bieżac ku M, przez  
działanie słońca pociągany iest do roczno-  
kręgu na miyscé N: płaszczyzna więc ta  
iakoby wzruszona będzie przy L, biorąc  
położenie NLF, w którém położeniu prze-  
cina płaszczyznę rocznokręgu, pod kątem  
LBD mnieyszym, niż przedtém. Alé ie-  
żeli xieżyc z drugiéj strony, co raz bar-  
dziéj znowu zbliża się do rocznokręgu.

i wę-

Odmiana  
pochyło-  
ści drogi  
xieżyca.

Fig. 157.



i węzła swojego, i jeżeli płaszczyzna drogi jego przecina płaszczyznę rocznokregu pod kątem HEA, wtedy kiedy on tam znajduje się w H: jawna rzecz jest, że ta płaszczyzna drogi jego z przyczyny działania słońca iakoby przejdzie z HF na HG, a tém samém przetnie wtedy płaszczyznę rocznokregu pod kątem HDA większym niż przedtém. Skąd się wnosi, że pochyłość drogi księżycowéy zmniejsza się przez pociąganie słońca, kiedy księżyc wyszedłszy z węzła swojego, co raz się bardziej oddala od płaszczyzny rocznokregu: powiększa się zaś znowu, kiedy się zbliża do płaszczyzny rocznokregowéy. Odmiana ta pochyłości drogi księżycy, co do wielkości swoiéy odpowiadać musi mocy, którą księżyc ku rocznokregowi jest naglonym, to jest, najmniejsza wprostpołożeniu, czyli pod czas nowiu i pełni, jeżeli węzły przypadają w miejscach kwadr: największa zaś zawsze będzie, jeżeli węzły przypadają w samych punktach prostpołożenia (*in Syzygijs*), gdyż wtedy działanie słońca nie może ani poruszyć węzłów, ani zmniejszyć pochyłości drog księżycy. Nauczają zaś doświadczenie, że odmiana ta pochyłości drogi księżycowéy jest między  $4^{\circ} 58'$  i  $5^{\circ} 17' 30''$  iaka właśnie i z rachunku wypada.

## §. XVIII.

Widzieliśmy już, co za skutki sprawia siła, NO lub PQ, przypatrzmy się teraz siłę LN będącą na płaszczyźnie drogi księżycowej. Siła ta może się rozbrać na dwie inne siły jako to i R kierunku styczney i LG prostopadła do tężyc stycznej: pierwsza z nich o mienią prędkość biegu księżycy i dla tego nazywa się siłą zmiany jego (*vis variationis lunae*) druga zaś już go zbliża, już oddala od ziemi, a zatem odmiennia onegoż mimoszrod, którą to odmiennia nazywa się wyruszeniem księżycy (*evection lunae*). Odstepy księżycy (*absides*) nie jako porządkiem znaków niebieskich corocznie uchodzą przez  $40^{\circ} 39' 52''$  tak dalece, iż całą drogę tegoż księżycy przebiegaia w przeciagu 8 lat 309 dni 8 godzin 37' 30". Linia więc krzywa, którą księżyc opisuje około ziemi nie jest Ellipsa, ale się brać może, za Ellipsę, którejby mimoszrod i linia węzłów — co raz się odmienniała. Wszystkie zaś nierówności biegu księżycy odpowiadające różnym odległościom ziemi i słońca od księżycy, tak iasno oznaczyć się mogą z ogólnych praw powszechney ciężkości przez Newtona odkrytych, iż rachunkiem wyznaczony bieg księżycy zupełnie się zgadza z biegiem onegoż prawdziwym, to jest tym, o którym najszybciej i najdokładniejszemu dostrzeganiom nas zapewniaia.

Siła zmiany i wzruszenia księżycy (*vis variationis lunae*).

Fig. 155.

## §. XIX.

## §. XIX.

Różne  
miesiące  
Dwugład  
poziomy  
księżyc

Z tego, co poprzedziło, zrozumieć można, za co Astronomowie rozróżniają miesiące, i tak: 1<sup>o</sup> Miesiąc obieźny (*Mensis periodicus*), czyli czas, w którym księżyc przebiega długość 360° rachowanych od pierwszego punktu znaku barana; czas ten wynosi 27 dni, 7 godzin, 43' 5". 2<sup>o</sup> Miesiąc gwiazdowy (*Mensis sidereus*), czyli czas, w którym księżyc powraca do takiej gwiazdy stałej; trwałość czasu tego, różni się od miesiąca obieźnego, iak niżej zobaczymy, a to z przyczyny cofania się punktów porównania dnia z nocą (*praecessio aequinoctiorum*) zamykają on w sobie 27 dni 7 godzin 43' 12" (Wstęp XII. 25.) 3<sup>o</sup> Miesiąc dobieźny (*Mensis Synodicus*), czyli przeciąg czasu od jednego złączenia księżyc z słońcem, aż do drugiego złączenia następnego: i ten wynosi 29 dni 12 godzin 44' 3". 4<sup>o</sup> Miesiąc wstępny (*Mensis anomalisticus*) w którym księżyc wyszedłszy od odziemnika (*apogaeus*), znowu się doń powraca: ma on 27 dni 13 godzin 18' 35". 5<sup>o</sup> Miesiąc węzłowy (*Mensis draconiticus*), w którym księżyc wyszedłszy z węzła wstępnego (*Nodus ascendens*) do niego powraca: ma on 27 dni 5 godzin 6' 56". Dwugład zaś poziomy księżyc najmniejszy jest 53' 53" a największy 61' 25". Skąd łatwo okazać, można, iż odległość księżyc od ziemi najmniejsza 55, 9, największa

większą 63, 8. promieni ziemskich wynosi.

## §. XX.

Też same zawsze plamy postrzegamy na księżycu, musi więc on iedną zawsze stroną ku nam być obróconym, a zatem w czasie 27 dni 7 godzin 43' 12" raz obiegając swoją drogę, musi też raz obracać się około osi swojej. Jakoż jeżeli T jest miejscem ziemi, księżyc znajdując się w miejscach C, E, D i t. d. nie mógłby zawsze iedną stroną A ku ziemi być obrócony, gdyby razém nie obracał się około osi swojej. Nauczają zaś postrzegania dokładné plam, iż ós obrotu księżycza zawsze jest sama sobie równoległa, i prawie prostopadła do płaszczyzny rocznego, sam zaś obrot koło téy osi jest iednostayny, co dowodzi, że księżyc siłą swoją, którą nazwaliśmy upornością obracać się około osi wolnéy. Wszakże plamy jego zdają się czasem zbliżać się do iednego brzegu tarczy onegoż, a czasem od tegoż brzegu odsuwać się, i przy tém nowe niektóre plamy przy brzegach okazują się, a niektóre z dawnych nikną z oczu. Ruch tén mały, przez który plamy zdają się posuwać i cofać, nazywa się ważeniem się księżycza (*Libratio lunae*). Ważenie się zaś to szczególnie stąd pochodzi, iż księżyc iednostaynie obracając się około osi swojej, nie iednostaynie bie-

Ważenie  
się księ-  
zy-  
ca (*Libra-  
tio lunae*)

Fig. 158.

ży po Ellipsie, w której ognisku znajduje się ziemia T. Jeżeli bowiem linia FE jest prostopadła do CD, więc czas potrzebny na przebieżenie łuku CE, niż ED, a przeto przychodząc do E, nie czwartą ale większą część obrotu swojego około osi odbywając, a tak tedy płaszczyzna rozdzielająca półkole A i B nie jest prostopadła do linii FE, ale się zawsze widzieć daje z ziemi to półkole księżyc, które się oddziela od drugiej połowy płaszczyzny prostopadła do linii łączącej środki ziemi i księżyc. I dla tego to pod czas znajdowania się księżyc w E postrzegamy nowe jakieś plamy ku G, i razém ku H, niknącé, które przedtém widzialné były, gdy księżyc znajdował się w A.

## ROZDZIAŁ V.

### *o rocznym biegu ziemi.*

#### §. I.

Ponieważ wzbiéraniá i opadaniá morskie, dostatecznie przekonywają, że słońce pociągá ziemię, bydz więc może, iż nie słońce około ziemi, lecz ziemia około słońca obraca się tą samą siłą, którą i wszystkie inné planety około niego obracają się (Roz. IV. 2. i 5.), a przeto że bieg słońca po rocznokręgu jest tylko pozorny. Jeżeli

Dowodli-  
wá jest, że  
ziemia o-  
braca się  
około  
słońca.

Fig. 159.






zeli bowiem srzodek ziemi opisuje na płaszczyźnie rocznokręgu koło ABC około srzodka słońca S: widzieć będziemy słońce w znaku  kiedy ziemia znajduje się w A, potem w  kiedy ziemia jest w B, dalej w  kiedy ziemia jest w C i t. d, a tak bieg ziemi od zachodu na wschód, którego czuć nie możemy, to sprawia, iż słońce w tymże samym kierunku, to jest, od zachodu na wschód zdaie nam się obracać po rocznokręgu niebieskim. Można téż takowym sposobem wytłumaczyć wysokość południową słońca, która przez cały rok ustawnie się odmienia. Srzodek bowiem słońca i ziemi zawsze się znajduje na płaszczyźnie rocznokręgu, płaszczyzna zaś rocznokręgu przecina płaszczyznę równika pod kątem  $23^{\circ} 28'$ : i linią takowego przecięcia się jest linia prosta łącząca pierwszy punkt barana z pierwszym punktem wagi (Wstę. XII. 20), skoro więc patrzącemu z ziemi w miejscu A lub D znajdującemu się pokazuje się słońce O, na jednym z tych punktów linia AD będzie linią przecięcia płaszczyzn rocznokręgu i równika. Gdybyśmy więc ziemię znajdującą się w A lub D przecięli płaszczyzną prostopadłą do AD, a zatem i do płaszczyzny równika, tedy oś ziemi SN będąc prostopadłą do płaszczyzny równika, znajdować się musi na owę płaszczyznę prosto-

Fig. 160.

stopadły do AD. A że płaszczyzna ta, oddzieli część oświeconą ziemi od nieoświeconą: przeto kiedy ziemia znajdzie się w A lub D, to jest, pod czas porównania dnia z nocą połowa ziemi od jednego bieguna do drugiego od słońca jest oświeconą, i na każdym ię miejscu 12 godzin jest dnia i 12 nocy. Jeżeli zaś GL jest linią prostą do linii AD przez O przechodzący, tedy oś SN, która zawsze w biegu swoim zachowuje równoległość do siebie, najbardziej jest nachyloną do płaszczyzny przechodzący przez szrodek ziemi a prostą do linii GL; a zatem część oświeconą ziemi w G, najdalej za biegun północny N, w L zaś za biegun południowy S rozciąga się, to jest, kiedy ziemia przebiega łuk AGD wtedy mamy lato, a kiedy przebiega łuk DLA, wtedy mamy zimą.

## §. II.

Bieg więc ziemny roczny, arcy jest dowodliwy; ponieważ przez niego wszystkie zjawczyli fenomena biegu pozornego słońca łatwo wytłumaczyć można, ale jeszcze dowodliwszym i prawie pewnym się staie, mając wzgląd na owe różne i nieforemne krzywizny linii, niby kręcone od planet na niebie zdających się iuż postępować iuż cofać. Biegi te pozorne a tak osobliwe, łatwo wyrozumie możemy przypuściwszy obrot ziemi około słońca,

ca, i ta to jest celniejszą przyczyna, dla której *Mikołaj Kopernik* pierwszy zaprzeczył bieg słońca około ziemi. Niezmierną zaś odległość gwiazd stałych, jest przyczyna, że żadnej różnicy w ich położeniu (choćby przez najlepsze narzędzia) żadnego dwugłędu pochoǳić mogącego z rzeczowego obrotu ziemi (Wstęp XII. 29) upatrzeć nie można, w różnych nawet porach roku czyniąc postrzegania. Gwiazdy bowiem stałe, widziane przez najlepsze przezierniki, (to jest takie, które bardzo powiększają obrazy słońca i planet,) wydają się tylko jakoby punkta: a zatem muszą być nierównie odleglejsze od ziemi niżeli słońce i planety (Wstęp XII. 34.). A przeto nie mogą być tak oddalone od nas, iżby cała droga ziemi około słońca była jakoby punktem tylko względem ich odległości? To zaś przypuściwszy przyznać potrzebą, że linie proste ze środka ziemi w różnych miejscach drogi swęj znajdujący się prowadzone do którykolwiek gwiazdy stałej, zawsze brane być mogą za równoległe od siebie, to jest dwugład obiegu rocznego gwiazd stałych, czyli kąty zawarte między liniami prostymi wychodzącemi ze środka ziemi na różnych miejscach swęj drogi znajdujący się, prowadzonemi do iednejże gwiazdy stałej zawsze tak jest mały, iż przez naydokładniejsze narzędzia nie może być oznaczony.

## §. III.

Zboczenie  
(aberratio)  
gwiazd, o-  
kazuje bieg  
roczny  
ziemi.

Fig. 161.

Bieg roczny ziemi około słońca napewnięć okazany być może przez nie-  
iakić biegi pozorne gwiazd stałych, cho-  
cięż bardzo małe, którym pierwszy Bra-  
dley Anglik naznaczył za przyczynę bieg  
postępny światła. Światło bowiem acz  
niezmiernie prędko rozchodzi się, z tém  
wszystkiem upływać musi iakiś czas, a  
niżeli od gwiazd aż do nas dojdzie. Ale  
tę i ziemia czyniąc obieg roczny około  
słońca, musi biec bardzo prędko, dla  
bardzo wielkiej odległości swojej od te-  
go słońca; stąd wypada, że prędkość zie-  
mi biegnącej po swęj drodze nie jest nie-  
skończenie mała względem prędkości  
światła, lecz ma do niej pewny iakiś sto-  
sunek. To zaś przypuściwszy, łatwo się  
okazuje, iż my po większą część nie  
możemy widzieć gwiazd w ich miey-  
scach właściwych, jeżeli ziemia obraca się  
około słońca. Niech bowiem ziemia znaj-  
duje się w D, gwiazda zaś iaka na linii  
DF przedłużonej: niech FE wyraża oś  
przeziernika, (tubus), a jasno się okaże,  
że światło przebiegając oś choćby naj-  
mniejszą tego przeziernika, do tego ie-  
dnak potrzebuje czasu choć bardzo krót-  
kiego, a zatem ten czas może się podzie-  
lić na więcej części równych. Niech  
więc światło w przeciągu pierwszą czę-  
ści czasu t, przebiega część osi FI,  
w prze-

w przeciągu drugiey części czasu jednego  
niedługo przebiega  $IL$ , w trzeciey  $LE$  i t. d.  
a będą części té osi równe; ponieważ  
światło podług doświadczenia iednostajnie  
postępuje. Poprowadźmy teraz z punktów  
 $L$  i  $E$  t. d. linie  $IG$ ,  $LH$ ,  $ED$  i t. d. rō-  
wnoległe do styczney punktu  $D$ , drogi, któ-  
rą ziemia kręśli. Jeżeli więc ziemia w  $D$ ,  
ma taką prędkość, iż nią w czasie  $t$  prze-  
biedzie może  $IG$ , tedy przebieży  $LH$  w cza-  
sie  $2t$ ,  $ED$  w czasie  $3t$  i t. d; a tak jeżeli  
osi przeziernika ma położenie  $FE$  i  
światło na początku czasu  $t$  znajduje się  
w  $F$ , tedy punkt  $I$  osi przeziernika, bę-  
dzie na tén czas w  $G$ , gdy światło do  
tego punktu przychodzi, punkt zaś  $L$ , bę-  
dzie w  $H$ , a punkt  $E$  w  $D$  i t. d, gdy świa-  
tło przejdzie do  $H$  i  $D$  i t. d; słowem,  
światło przebieży osi samą przeziernika,  
kiedy ona ma położenie  $FE$  lub  $MD$  gdzie  
 $FE$  jest równoległa do  $MD$ . Przeto gwia-  
zda nie będzie widziana na linii  $DF$ , gdzie  
w rzeczy samey znajduje się, lecz na linii  
 $DM$ , to jest nie w miejscu sobie właści-  
wém.

## §. IV.

Jeżeli zatem gwiazda stała znajduje  
się na samym biegunie Rocznookręgu, to  
jest na linii  $NS$  prostopadłej do płaszczy-  
zny tegoż rocznookręgu  $ADB$ , (gdzie  $S$  ozna-  
cza srzodek drogi ziemi) linia  $DF$  dla  
niezmiernéy odległości gwiazd stałych bę-

Co jest  
zboczenie  
(*aberratio*)  
gwiazd.

Fig. 161.

Gg 2. . . . . dzie



dzie prostopadła do płaszczyzny ADB, a przeto gdy ziemia znajduje się na D, gwiazda widziana będzie na linii SO równoległej do DM, acz w rzeczy samej tam się nie znajduje. Kiedy znowu ziemia z miejsca D. bieży dalej po swęj drodze, linia SO ruszać się będzie po powierzchni ostrokręgu prostego, którego osią NS; a tak gwiazda stała w przyciągu Roku zdawać się będzie opisywać około bieguna Rocznokręgu małe koło promienia pozornego OSN. Lecz jeżeli gwiazda nie jest na Rocznokręgu, ani nawet na jego biegunie, łatwo dowieść można, że ićy widzialna droga nie jest zupełnie kolista ale Eliptyczna. Gdy zaś gwiazda znajduje się na Rocznokręgu, chociaż zawsze na nim statecznie widziana będzie, ale zdawać się będzie raz, że idzie wprost, drugi raz że się cofa. Wszystkie te pozorné biegi (które zhoczczeniami gwiazd nazywają) z następnego postępowania światła wynikające, w rzeczy samej (tak iakśmy powiedzieli) na niebie się dzieją. Pewną zatem jest rzeczą i dowiedziona, że ziemia około słońca bieg swój odprawia, po drodze prawie kołowej: bo gdyby spoczywała, na ten czas niepostrzegalibyśmy gwiazd zboczenia.

## §. V.

Prędkości światła następującym sposobem dochodzą. Rzekło się wyżej, że

że Jowisz ma 4 Xieżyce, z których pierwszy jest najbliższy Jowisza, w przeciągu  $42\frac{1}{2}$  godzin drogę swoją obiega i raz się cmi w cieniu swęgo Planety. Takich więc zaćmień 16 do 17 każdego miesiąca zdarza się, których albo początek widzimy gdy ziemia coraż bardziey zbliża się do Jowisza, przez część drogi swęy DAE, albo koniec, gdy ziemia od Jowisza się oddala, przez część drogi EBD. Tak albowiem xieżyce F jest bliżki Jowisza, iż gdy albo zanurzenie się iego w cięń Jowisza w H z punktu A widzisz wychód w G, albo gdy wychód w G widzisz z punktu B, zanurzenia się iego w H widzieć nie możesz, gdy Jowisz zastania. Jest zaś ziemia najbliższa Jowisza w E, to jest w punkcie przeciwległości (oppositio) Jowisza ze słońcém, (Wstęp XII. 25.) a najbardziey oddaloną w D, w złączeniu Jowisza ze słońcém, przeto i średnica widzialna Jowisza, daleko więksha w przeciwległości niz w złączeniu. Różnica zaś obu odległości średnicy drogi ziemi, albo podwóynę odległości ziemi od słońca. Lecz gdy ziemia zbliża się do Jowisza przez łuk DAE przeciągi czasu między zanurzeniami pierwszého xieżyca Jowisza, zawsze są mnieysze niż między wynurzeniami iego, gdy ziemia oddala się od Jowisza; a ta różnica czasów

dochodzą-  
nią pręd-  
kości swia-  
tła przez  
zaćmienia  
xieżyców  
Jowisza.

Fig. 162.

sów. tćm znaczniejszą się okaże, kiedy liczbę 30 albo 40 zanurzeń, porównywać będziemy z biorćm tyluż wynurzeń. Pierwszy Reomarus doszedł, iż przyczyna tćy nierówności jest postćpne rozchodzenie się światła. Gdy bowiem ziemia zbliża się do Jowisza, światło co raz mniej czasu potrzebuie, ażeby doszło do ziemi, a zatem zanurzenia przedzć się dostrzegną, niżby widziane były, gdyby ziemia w jednćm miejscu stała; przeciwnie się zaś dzieie w wynurzeniach tychżć księżyców. Nierówności, zaś czasu, kiedy jest największa dochodzi do 15' albo 10' idzie zawsze za stćsunkiem odległćści Jowisza od ziemi. Z tych tedy dostrzeżeń Astronomowie wniesli, że światło 15' albo 10' potrzebuie czasu do przebieżenia szrednicy drogi ziemskiej, a w przeciągu 8' przechodzi promień czyli pół szrednicy to jest przeciąg odległćści słońca od ziemi, i to prawie zawsze iednostaynie. To zaś przypuszczenie względćm pierwszćgo księżycza tak się z doświadczeniem zgadzć, iż i innych takżć odleglejszych od Jowisza księżyców ezasy zćmienia na tymżć samym fundamencie z tablic do tego przygotowanych, oznaczć możemy.

## §. VI.

Ponieważ ziemia cała swć drogę w przeciągu blisko 365 dni i 6go odprawia to jest przebiegć 360°, stćd wypadć, że ona

Zboezćnie  
gwiazd  
pachodzi

że ona w czasie 8' przez łuczek 20" swo-  
ięy drogi postępuje. Jest zaś średnia odległość ziemi od słońca 23708 promieni  
średnich ziemskich (Wstęp XII. 40.) a stó-  
sunek promienia do obwodu koła = 1:  
6,283. Zaczem łuczek drogi ziemskięy  
20" zawiera  $\frac{23708 \times 6.283 \times 20}{360 \times 60 \times 60}$  średnich

od postę-  
pnego bie-  
gu światła.

Fig. 161.

promieni ziemskich, jest zatem prędkość  
ziemi do prędkości światła, iak wielkość  
ięy łuczka 20" do 23708 (s.) albo iak  
6,283: 360 × 180 = 1: 10313. A że gdy  
iaku gwiazda jest na biegunie rocznego  
trójkąt FED jest prostokątny, będzie FD:  
DE, czyli prędkość światła do prędkości  
ziemi na swęj drodze, iak 1. czyli wstawa  
cała, do wstawy DFE, albo do wst: NSO.  
Przeto 1: wst: NSO = 10313: 1 = 1:  
0,0000966. Jakoż w samęj rzeczy kąt  
NSO = 20," tylił się okazał przez náj-  
lepsze dostrzeżenia; z czego się iawnie  
okazuje, że zboczenie gwiazd pochodzi  
od postępnego biegu światła, a zatem że  
ziemia krąży około słońca.

## §. VII.

Ziemia bieg swój odprawiać około  
słońca kręśli Ellipsę, której ogniskiem jest  
szrodek słońca. Jeżeli bowiem B i C są  
punkta iakiékolwiek względem szrodka  
ziemi, stósunek linii SB, SC może być  
oznaczony przez stósunek średnie wi-  
dział-

Ziemia  
krąży o-  
koło słoń-  
ca kręśli  
niedorzą-

nia czyli  
Ellipsę.

Fig. 163.

działnych słońca, dostrzeganych z mieysca C i B. Jest bowiem SB do SC jak średnica widzialna słońca widziana z C, do średnicy jego pozornéj widzianej z B, ponieważ wstawy małych kątów są w stosunku samychże kątów, zatem średnica widzialna i kiéykolwiek gwiazdy w tym stosunku się zmniejsza w jakim się powiększa iéy od nas odległość (W. tęp XII. 28.). I tak też przez dokładné dostrzeżenie przekonano się, że ziemia biegi swój odprawia po Ellipsie, mało od kola różniący się, który ognisko jest w słońcu, gdyż za świadectwem doświadczenia pola (arcae) od promienia wodzącego przebyte n. p. CSB, CSA zawsze są w stosunku czasów, w których ich łuki BC, AC bywają przebiegane; ziemia zatem bieży ciążąc na słońce (Roz. IV, §. 6.). Ze stosunku zaś dostrzeżonego największy i najmniejszy wielkości średnicy niepozornéj Słońca wynika stosunek między odległościami AS i BS odstępów A i B od słońca, to jest stosunek 0,983128 do 1, 016802; a że ziemia w swoim otłoneczniku B czyli w największej swójej od słońca odległości jest w ostatnich dniach Czerwca lub 1go Lipca; zaś w swoim otłoneczniku A czyli najbliższym słońca, jest w ostatnich dniach Grudnia, stąd się pokazuje, że słońce bliższe jest nas w zimie, niż w lecie; a że ziemia tém prędzej bieży, im bliżej



blizy jest szródka § sił (Roz. IV. §. 7.) łatwo więc zrozumiéwamy, dla czego przeciąg czasu między porównaniem dnia z nocą iesienném a wiosnowém 7 albo 8 dniami krótszy jest od przeciągu czasu między porównaniem dnia z nocą wiosnowém i iesienném; a w ogólnóść i dochodzimy stąd przyczyny, dla czego przeciąg czasu, w którym słońce powraca do swego południka nie zawsze jest jednakowy, to jest co na iedno wychodzi, że dni czasem są dłuższe, czasem krótsze.

### §. VIII.

Ponieważ xiężyć na ziemię, a ziemia na xiężyć, oba zaś té ciała na słońcé cięża, kiedy prócz tego widzimy, że wszystkie ciała ziemskie iężą na ziemię, bardzo do wodliwá jest rzecz, że ciężkość jest wszystkim ciałóm właściwą; a zatém że jest iaką siłą powszechną, którę nie znamy iednak przyczyny. I tak każda pierwiastkowa czastka ciała n. p. A na inną n. p. B taką wywierá ciężkość, iaką wzajemnie B na A, gdyż doświadczénie nas uczy, że siła ciężkości w ciałach ziemskich równie nadaná jest każdę w szczególności czastce (Roz. II. §. 1.); iedna zatém czastka od drugiéy równą siłą bywa pociągana. Lecz i jeżeli A jest punkt fizyczny złożony z pierwiatków, tedy pociągnie pierwiastek B siłą, którá ma ię do siły, iaką od téy części pociągany jest iak

Ciężkości  
powsze  
chné.

iak n: f. Ogólnie zaś mówiąc, dwa punk-  
 ta fizyczne, których miąższości są P i Q,  
 tak na siebie wzajemnie ciężać będą, że  
 każdy pierwiastek miąższości n. p. Q bę-  
 dzie pociągany do miąższości n. p. P, siłą  
 v, i każda cząstka miąższości P, do miąż-  
 szości Q siłą f, a zatem będą siły pier-  
 wiastkowe (*virēs elementares*) v: f = P: Q.  
 Jeżeli zaś miąższości P i Q bliższy do siebie  
 przystępują, ciężenie ich ku sobie wz-  
 ięmnie się powiększa w stósunku spa-  
 cznym kwadratowemu odległości (Roz. IV.  
 §. 2.). Ogólnie więc jest ciężkość po-  
 wszeczna pierwiastkowa (*elementaris*)  
 w stósunku prostym miąższości, a w stó-  
 sunku wspacznym kwadratowemu odległo-  
 ści od téj że miąższości. Z téj powszech-  
 néj prawdy czyli zasady (*principium*)  
 nie tylko biegi ciał Niebieskich tłumaczone  
 być mogą, ale i wzajemne ciężenia, któ-  
 ré na siebie wywierają: każdy bowiem tę  
 zasadę przypuściwszy, łatwo zrozumieć,  
 dla czego ciała ziemskie zdają się tylko na  
 samą ziemię ciężać, niż wzajemnie jedno  
 na drugie; bo ponieważ miąższość ziemi  
 prawie jest nieskończenie wielką wzglę-  
 dem miąższości ciał ziemskich (Roz. III.  
 §. 5.) i gdy ta ustawicznie je do siebie po-  
 ciąga, zatem i siła, którą je pociąga, prze-  
 wyższa nieskończenie siłę tę, którą ciała  
 nawzajem się pociągają. A zatem dzi-  
 wno być nie powinno, że skutki téj

ostat-

ostatniéj siły, nie są częstokroć widoczne; wszelako na wielkich bardzo górach doświadczone, że te pociągały mniejsze ciała (o czém wyżej namiéniliśmy (Roz. III. §. 2.) a stąd owa ciężkość powszechna wszystkich ciał na siebie oczywiście się potwierdza.

### §. IX.

Niech będą ADE, ABC ostrosłupy jednorodné i podobné; podstawy kołiste DE i BC mających, i szrodek w A; i kąt  $\angle DAE = \angle BAC$ ; tak ażeby podstawy DE, BC były w stósunku kwadratów i odległości od wierzchołka A; łatwo zrozumieć można, gdy wszystkie punkta na BC równo, i wszystkie na DE także równo są odległe od A, że punkta na A będący podług kierunku osi obu dwóm ostrosłupóm wspólny, będzie pociągany od saméj powierzchni DE siłą  $v$ , a od saméj powierzchni BC siłą  $f$ , tak ażeby  $v : f$  było w stósunku prostym miąższości DE i BC a w odwrotnym kwadratów z odległości (8.). Lecz jest  $DE : BC = AD^2 : AB^2$ . Zatem  $v : f = [AD^2 : AB^2]$ .  $[AB^2 : AD^2]$  więc  $v = f$ . Podobnież okazać można i względem inshęj iakiéj podobnéj płaszczyzny FG, między DE i BC będącéj, że ciężkość punktu A będzie  $= f$ . Całkowite zaś ostrosłupy ADE, ABC mogą być dzielone na podobné płaszczyzny fizyczne, i liczba ich w jednym ostrosłupie będzie się miała do licz-

Ciążenie  
iakiégo  
punktu na  
ostrosłup.

Fig. 164

by

by takię w drugim ostrostupie iak AD : AB. Zaczęć siły pierwiastkowe ciężkości punktu A na całkowite ostrostupy są  $= f. AD : f. AB = AD : AB$  a siła pierwiastkowa ciężkości punktu A na ostrostup ścięty DBCE  $= f. DB$ , tak iż punkt A równie cięży na ostrostup całkowity ADE i na ostrostup ścięty DBCE, ieżeli  $DB = AD$ .

## §. X.

Stąd łatwo zrozumiéwamy, ieżeli C i O są szrodkami kul jednorodnych, że te od półkul DAE, FBG podług linii prostych CA, OB na DE i FG prostopadłych, będą pociągane siłami będącemi w stósunku promieni CA, OB. Podzieliwszy bowiem kulę na ilekolwiek ostrostupów równych, toż samo uczyniwszy z druga, można pokazać, że w każdych dwóch z osobna stósunek ciężkości iest  $= CA : OB$  (9.). Ale ieżeli podstawy tych ostrostupów są punktami fizycznymi, a są nieskończenie małe, każdy iakikolwiek inny punkt za szrodkiem kuli C albo O, zawierzełek ostrostupów albo za szrodek wzięty byż może, z którego te podstawy są wykręśloné, kiedy zaś na powierzchniach obydwóch kul, iednakową liczba podstaw równych się mieści, łatwo pokazuje się, że podstawa iakikolwiek na iednej kuli, iest do podstawy iakiękolwiek drugiey kuli, w stósunku całkowitych

Ciążenie  
na kulę ie-  
dnorodną.

Fig. 165.

tych powierzchni, to jest w stosunku kwadratów ze średnic. Niech więc przez środki C, O, poprowadzone będą linie SM, RN, i niech będzie  $CA:CM = OB:ON$ , a jasno się okaże, iż pod kątem jakimkolwiek n. p.  $HAS = SAT = IBR = RBQ$  poprowadziwszy linie AH, AT, i BI, BQ iako téż linie MH, MT, i NI, NQ. Obie kule tym sposobem podzielić można na równą liczbę ostrosłupów niezmiernie małych, których wierzchołki schodzić się będą w punktach M i N albo w punktach A i B, a ich podstawy iako téż podstawy H, I, ostrosłupów MH, NI, albo AH, BI będą w stosunku  $\overline{AC}^2: \overline{BO}^2 = \overline{AH}^2: \overline{BI}^2 = \overline{MH}^2: \overline{NI}^2$ . Będzie zatem ciężkość punktu A na ostrosłup AH, albo AT do ciężkości punktu B na ostrosłup BI albo BQ, iak  $AH: BI$  (9.)  $= AC: BO$ ; a ciężkość punktu M na ostrosłup ścięty LH albo VT do ciężkości punktu N także na ostrosłup ścięty PI lub XQ, iak  $LH: PI = AC: BO = MC: NO$ . A że siły, przez które pociągany jest punkt M albo N, w kierunku MH, MT albo NI, NQ, rozebrać się mogą na siły MS, TS, i MS, HS albo NR, QR, i NR, IR, z których dwie w kierunku TS, HS, albo QR, IR są sobie przeciwne, i wzajemnie się niszczą: pozostałe zaś siły kierowane ku środkom C i O są w stosunku  $MS: NR = AC: BO$ , a zatem punkt M od ostrosłupów LH i VT ku środkowi C, a punkt N od ostrosłupów



slupów podobnych PI: XQ ku szrodkowi O jest pociągany, siły zaś któremi oba punkta są pociągane, mają się do siebie iak AC: BO i gdy toż samo okazać można o iakichkolwiek innych dwóch ostrosłupach podobnie położonych z obu stron linii MC albo NO, stąd się ogólnie wnosi, że ciężkość punktu M lub A na kulę całą ADHEA to jest do ciężkości punktu N lub B na kulę BFIGB, iak AC: BO, ciężkość zaś tych punktów względem odpowiadających sobie punktów wprost działa.

## §. XI.

W poprzedzającym okazaniu przypuściliśmy, że obydwie kule są iednorodné i iednakowéy gęstości, i widzieliśmy w tym przypadku, że ciężkość g punktu N na kulę O miała się do ciężkości G punktu M na kulę C, iak BO: AC. Teraz znouu przypuściwszy iednorodność téżé kuli O, i równą we wszystkich iéy częściach gęstą ale iednak większą, niż wprzód była, oczywista jest, że siła, którą punkt N jest pociągany w każdym ostrosłupie powiększy się w stósunku powiększoney gęstości D, do gęstości pierwiastkowéy d zaczęm i powszechną gęstość f, którą teraz wywierá punkt N na kulę O, będzie do ciężkości g którą tenże punkt miał z początku iak D: d, a zatém f: G = BO. D: AC. d. Niech będzie D: d =  $\overline{AC^3}$ ;  $\overline{BO^3}$  a będą bryłowości M i m obu dwóch

Wzięnie  
na iaka-  
kolwiek  
kulę ied-  
norodną  
tak się ma,  
iak gdy-  
by całą  
miałżność  
kuli była  
w iéy  
środek  
zebrana.

dwoch kul C i O równe, gdyż ogólnie gęstości ich są w stosunku prostym miąższości, a odwrotnym objętości (volumen) objętości zaś kul C i O, są iak  $\overline{AC^3} : \overline{BO^3}$

a zatem  $d : D = \frac{M}{\overline{AC^3}} : \frac{m}{\overline{BO^3}}$  i miąższości

$M : m = d . \overline{AC^3} : \overline{BO^3}$ ; to iest równé, ponieważ iest  $D \cdot d = \overline{AC^3} : \overline{BO^3}$ ; w tym więc przypadku będzie  $f : G = \overline{BO} . \overline{AC^3} : \overline{AC} . \overline{BO^3}$   $\overline{AC^2} : \overline{BO^2} = \overline{MC^2} : \overline{NO^2}$  (10.). Zaczém iakokolwiek kula O iest mała, ieżeli tylko iednakową miąższość má z kulą większą C, a odległość iakiegokolwiek punktu N od szrodka O, do odległości punktu M od szrodka C będzie iak promień kuli O do promienia kuli C, będą téż i punktów M i N ciążénia ku szrodkóm O i C, iak  $\overline{MC^2} : \overline{NO^2}$ . Ale przypuściwszy, iż kula O byłaby tak mała, iżby wziętą bydź mogła za punkt fizyczny, i wzięwszy  $OZ = MC$ , będzie téż ciężkość punktu Z do ciężkości punktu N, także iak  $\overline{NO^2} : \overline{OZ^2} = \overline{NO} : \overline{MC}$ , a zatem równa ciężkości punktu M. Zaczém ciążénie na kulę iednorodną (homogeneous) C, w jakiegokolwiek odległości MC, od szrodka C, iest zawsze równe ciążeniu na punkt O, równéy miąższości i w równéy odległości OZ. Ubywa przeto ciążénie na kulę, w stosunku kwadratu powiększonych odległości od szrodka kuli, a ogólnie mówiąc, má się tym sposobém, iak gdyby cała miąższość kuli, zebrana była w jéy szrodek C.<sup>o</sup>

## §. XII.

Jak się co-  
raz bar-  
dziej po-  
większa  
ciężkość  
bezwzględ-  
na  
w miej-  
scach co-  
raz odle-  
głych od  
równika.

Skąd łatwo okazać można to, co wy-  
żej przypuściliśmy (Roz. III. §. 7.) że na  
ziemi jednorodnej przybyty czyli powię-  
kszenia (incrementum) ciężkości bez-  
względnej, odda aiąc się od równika, są  
prawie w stosunku kwadratów wstaw  
szerokości iniejsc. Jeżeli bowiem CG  
wyraża pół osi ziemskiej, CA promień  
równika, a zaś  $GO = CA$ , tedy wykreśli-  
wszy ze szrodków O i C półkół AGN,  
BGM przypuścić można, iż południk  
iniejsc A, (jakikolwiek miała by kształt

Fig. 167.

ziemia nie wiele w samęj rzeczy od kuli  
różniacą się), mało co różnić się będzie od  
łuku ADG. Poprowadziwszy więc do  
punktu iniejkogokolwiek D linią DH prosto-  
padłą na GC i przecinającą łuk BEG w pun-  
kcie E jeżeli kąt ECG będzie  $= p$ , a  $DOG$   
 $= n$  tedy będzie  $DH:DO = \text{wst. } n:1$ ,  $EH:$   
 $EC = \text{wst. } p:1$ , a zatem  $DH = DO \text{ wst. } n$ ,  
 $EH = EC \text{ wst. } p$ ; i  $DE = DO \text{ wst. } n - EC.$   
 $\text{wst. } p$ . Ze zaś kąty  $p:n$  mało się różnią  
od siebie, więc będzie bardzo blisko  $\text{wst. } n = \text{wst. } p$  i  $DE = (DO - EC) \text{ wst. } p =$   
 $(GO - GC) \text{ wst. } p = CO \text{ wst. } p$ . Lecz  
jeżeli promień CE przeciągnie się do pun-  
ktu F, trójkąt DEF będzie prawie prosto-  
kątny, i  $DE:FE = EC:EH = 1 \text{ wst. } p$ .  
zaczem FE bardzo blisko jest  $= DE \text{ wst. } p = CO (\text{wst. } p)^2$ . Ze zaś część po-  
wierzchni DB. AG ziemi (którą iakby  
sko-

skorupę ię uważać można) jest bardzo małą względem całkowitej kuli ziemskiej, więc ciążenie na kulę ziemi mało tylko odmieniac się może, czyli by ta część była czyli by też ię nie było. Przypuściwszy zaś, iż by téj wierzchniej części nie było, a kula ziemi była iednorodną, tedy ciężkość bezwzględna  $V$  na biegunie  $G$ , albo na punkcie  $E$ , do ciężkości bezwzględnej  $v$  na punkcie  $F$ , będzie iak  $\overline{CF}^2$ :  $\overline{CE}^2$  (11.)  $= \overline{CE}^2 + 2CE \cdot FE + \overline{FE}^2$ :  $\overline{CE}^2$ . Ale gdy  $FE$  jest bardzo małą względem  $CE$  i gdy jest  $CE:FE = FE:\overline{FE}^2$  tedy kwadrat  $FE$  bardzo mały będzie względem ilości  $CE \times FE$ , albo  $2CE \times FE$ , więc bez znacznego uchybięcia wziąć możemy stosunek  $V:v = \overline{CE}^2 + 2CE \cdot \overline{FE}^2:\overline{CE}^2 = CE + 2FE:CE$ , zatem  $V-v = \frac{2FE}{CE}$  albo bardzo

blizko  $= \frac{2FE}{CE} V$ , ponieważ ilości  $V$  i  $v$  tak się mało różnią w nieznacznęj części iak jest  $\frac{2FE}{CE}$  żadną prawie nie wyda się róż-

nica czyli będzie dzielone  $V$  czyli  $v$ . Więc ubytek (decrementum) ciężkości bezwzględnej uważając ją od bieguna aż ku  $F$  jest iak  $FE$ , albo (wst  $p$ )<sup>2</sup> bo  $CE$ , i  $CO$  są ilościami stałemi. Jest zaś  $FCA$  szerokością miejsca  $F$  i gdy tę nazwiemy  $r$ , będziemy mieli  $wst p = \sin r$ , zaczęć ubytek

Hh

cięż-

ciężkości bezwzględnej w F będzie bardzo blisko iak  $(\text{dost } r)^2$  a gdy w punkcie A szerokość = 0, tedy tam będzie ubytek = 1. Odiawszy więc od tego największego ubytku, ubytek ten, który jest w punkcie F wypada, iż wzrost ciężkości bezwzględnej biorąc ją od równika A, bardzo jest blizką iak  $1 - (\text{dost } r)^2$  to jest iak  $(\text{wst } r)^2$ .

## §. XIII.

Jeżeli w jakiej kuli wewnątrz wydrążony mający skorupę (corticem) iednorodną grubości EH zewsząd zamkniętą powierzchniami kolistymi, mającemi szrodek C, jest iaka część ciała A, ta ciężka na powierzchnią nie porusza się, ale spoczywa. Poprowadziwszy bowiem przez punkt A linią GE, któraby przecinała powierzchnie kolistę w D, E, F, G, niech będzie  $DB = BF$  oczywista jest, iż że  $BE = BG$ , a zatem  $DE = FG$ . Jeżeli więc linią EA weźmiemy za oś ostrosłupa nieskończenie, prawie małego, którą wtył przeciagnioną do G, miałyby oś AG, tedy punkt A, kierunkiem AE od części DE, siłą f. DE, a kierunkiem AG, od części FG, siłą f. FG będzie pociągany (9.). Gdy zatem jest  $FG = DE$ , więc punkt A, ani ku D ani ku F nie może się poruszać, będąc naglony temi równymi a przeciwnymi sobie siłami. Podobne okazanie służy względem innej linii prostej, przez punkt A poprowadzonej, a zatem część A ciężeniem na

Ciężkość  
w ziemi  
od po-  
wierzchni  
ku szro-  
dowi usta-  
wicznie  
się zmniej-  
sza.

Fig. 168.

sko.



skorupę poruszać się nie może. Napelnivszy więc wydrążenie (cavum) kuli materią tą samą, z której się składa skorupa, iasna jest rzecz, że punkt D taką wywierą ciężkość na kulę, iakaby wywierał, gdyby cała skorupa GEHD była odięta. Co gdyby nastąpiło, tedy ciężkość iego na kulę wewnętrzną promienia CD, miałaby się do ciężkości punktu E na kulę iednorodną zewnątrz promienia CE iak CD: / CE (10). Zaczém w każdéy kuli, iednorodnéy, a zatém i w ziemi, która prawie kulistą jest, ciężkość w jakiéykolwiek odległości od powierzchni ku szrodkowi ustawicznie się zmniejsza, a to w tym stósunku, w którym odległość od szrodka się zmniejsza; z czego łatwo okazuię się to, cośmy założyli (Roz. III. §. 2.) to jest, że w ziemi iednorodnéy, gdyby była w stanie płynnym, wszystkie słupy (columna) w szrodku ziemi schodzące się równo ważą, iezeli ich długości są w stósunku odwrotnym, ciężkości w jch końcowych częściach.

#### §. XIV.

Jeżeli dwa punkta, których miąższości są A i B, ciążąc na siebie wzaiémnie w kierunku po linii AB, ustawicznie ku sobie postępować będą, tedy naostatek zeydą się z sobą, w którymkolwiek punkcie swéy drogi n. p. C, który tak jest położony, że będzie  $AC:BC = B:A$ . po wyjściu albo

Szrodek  
ciężkości  
ciał Nie-  
bieskich.

Fig. 169.

Hh 2

wiem

wiem jakiego bardzo małego czasu  $t$ , niech się przeniesie punkt  $A$  na  $a$ ,  $B$  na  $b$ ; oczywiście jest, (byleby tylko czas  $t$  był bardzo mały) że siły, któremi miąższości  $A$  i  $B$  są poruszone mogą być wzięte za równe, będą zatem prędkości nabyte w miejscach  $A$  i  $B$  takie, że te miąższości w czasie  $t$  mogłyby przebieść biegiem iednostaynym drogi  $2Aa$ ,  $2Bb$ . Zatem te nabyte prędkości będą w stósunku  $Aa$ ,  $Bb$ , a więc i siły pierwiastkowe (elementares) iednostayne (Roz. II. §. 1.) jest więc siła pierwiastkowa  $u$  w punkcie  $A$ , do siły pierwiastkowej  $f$ , w punkcie  $B = Aa : Bb$ . A że też jest  $v : f = B : A$  (8.)  $= AC : BC$  więc będzie  $AC : BC = Aa : Bb$ , i  $AC - Aa : BC - Bb = AC : BC = aC : bC$ . Podobnież o drugim innym jakimkolwiek następnym momencie  $t$  czasu okazać można to, cośmy okazali o razym to jest, że odległość miąższości  $A$  i  $B$  od punktu stałego i niewzruszonego  $C$ , zawsze zostaje iedna względem drugiey w tymże samym stósunku  $AC : BC$ , i gdy nakoniec droga  $AC$  będzie przebieżoną, będzie téż razém i w tymże czasie przebieżoną droga  $BC$ , to jest, obydwie miąższości razém zbiegną się w punkcie  $C$ . ten zaś punkt nazywa się szrodkiem ciężkości ciał, czyli ich miąższości  $A$  i  $B$ . Wszystkie ciała Niebieskie mają takowe szrodki ciężkości: gdy bowiem są kuliste,

a we-

a według podobieństwa z jednorodnój materji złożoné, przeto tymżé samým sposobém mają się względém siebie, iak gdyby ich miąższości w szrodku zebrane były (11.); przeto jeżeli A jest szrodkiem takiego ciała mającego miąższość A, B zaś szrodkiem drugiego mającego miąższość B: punkt C na linii prostéj AB tak będzie położony, że  $A : B = CB : CA$ , tedy punkt ten będzie wspólnym szrodkiem ciężkości dwóch ciał, i będzie koniecznIE nieruchomym, to jest koniecznIE w jedném miejscu zostającym, jeżeli te ciała ciężkością swoją odwrotną (reciproca) na linii AB schodzą się.

## §. XV.

Miąższość A lub B tak bieży, iak gdyby od szrodka ciężkości C była pociągana, w stósunku spaczonym kwadratowym ich odległości. Jeżeli bowiem siła pierwiastkowa ciężkości, iaką má cała miąższość A w punkcie A jest  $v$ , zaś w punkcie a siła też jest  $v'$ , tedy będzie  $v : v' = ba^2 : \overline{BA}^2$ . Lecz  $CB : CA = Cb : Ca$  (14.), a zatem  $CB + CA : CA = CB + Ca : Ca$ ; i  $BA : ba = CA : Ca$ , więc  $v : v' = Ca^2 : \overline{CA}^2$ . Podobnie jeżeli siła pierwiastkowa ciężkości, iaką má innego iakiego ciała miąższość B w punkcie B jest  $f$ , zaś w punkcie b też sama siła jest  $f'$ , tedy będzie  $f : f' = Cb^2 : \overline{CB}^2$ . Przeto tak miąższość A, iako i miąższość B tak bieży,

Ciała Niebieskie pociągają się do wspólnego szrodka ciężkości w stósunku odwrotnym kwadratów z odległości.

bieży, iakby była pociągana od punktu C, w stosunku spazycznym kwadratowym odległości; to iednak rozciągać się może do obydwóch razém miąższości: nie iest albo-  
wiem  $v: f = \overline{BC}^2: \overline{AC}^2$ , ale każda miąższość  
ma swoją szczególną pierwiastkową siłę,  
która tak prawie rośnie i ubywa, iak gdy-  
by miąższość owa ciążyła ku C. To samo-  
by się działo, choćby miąższości A i B i-  
naczey biegły, byleby tylko srzodek cięż-  
kości C był nieruchomym. Gdy bowiem  
miąższość A iakokolwiek bieży od A do E,  
gdzie iego siła pierwiastkowa ciężkości  
iost  $v'$ , i razém miąższość B bieży do D,  
gdzie iey siła ciężkości pierwiastkową iost  
 $f'$ , srzodek zaś C iest na dawném swoim  
miejscu; tedy będzie  $EC: DC = AC: BC$ ,  
i  $EC: ED = AC: AB$ . Aże iost  $v: v' = ED^2:$   
 $AB^2$ , więc  $v: v' = EC^2: AC^2$ ; podobnym spo-  
sobem okazuię się, że iost  $f: f' = DC^2: BC^2$ .

## §. XVI.

Dwa ciała niebieskie, których miąższo-  
ści są A i B, a które nie spotykają się z so-  
bą w jedney linii prostey, i których  
wspólny srzodek ciężkości spoczywa, te  
mówię ciała około tego srzodka biegają po  
liniach krzywych tak, iż iedno zawsze  
iost wprost przeciwległe drugiemu  
względem srzodka ciężkości. Gdy bowiem  
srzodki tych ciał nie w prostey linii ku  
sobie na wzaiem biegają, ich kierunki AE,  
BD pod pewnym kątem będą nakłonięne  
do

Ciała Nie-  
bieskie  
w biegu się  
z sobą nie  
spotyka-  
jąc obró-  
cają się  
około  
powszech-  
nego

do linii AB. Lecz ponieważ wzajemnie na siebie ciężą, przeto oddalała się ustawnie od tego kierunku, a zatem biegną w liniach krzywych, tak, iż srzodek obudwóch zawsze przypada na jedną linią prostą przez C prowadzoną: własność zaś linii krzywej, którą miąższość A lub B kręśli, będzie zależała od prędkości i kierunku miąższości. Gdyby bowiem taż miąższość koło srzodka C tak biegła, iak gdyby od niego pociągana w stosunku spaczonym kwadratów odległości (15) oczywiście iest, iżby kręślić mogła koło lub Ellipsę (Rozd. IV. § 4.) Jeżeli zaś jedna miąższość bieży po kole, tedy i druga także koło kręśli: bo jeżeli odległość CA zawsze iest iednakową, tedy i odległość CB nie może się odmięniać, jeżeli zaś iedno ciało bieży po Ellipsie, drugie też po Ellipsie biędz musi: bieg zaś iakichkolwiek ciał niebieskich wzajem na siebie ciężących, które się nie spotykają tak, iako bieg ciał stałych (continens); Rozd. I. 6.) rozębrać się może na bieg postępnny i kołowy, o koło wspólnego ciężkości srzodka. Jeżeli bowiem srzodek C bieży czyli nie iest zawsze w jedném miejscu, dąmy, że srzodki A i B wraz ze srzodkiem C zostają na iakięj płaszczyźnie, który każdy punkt má ténże sam bieg, który má i srzodek C ciężkości, iawną iest, że na téj płaszczyźnie srzodek C spoczywać będzie, a zatem ciałom A i

srzodka  
ciężkości.  
Fig. 169.



B nie zostanie się inny bieg tylko kołowy około szrodka C.

## §. XVII.

Miaższość  
xiężyca do  
miaższo-  
ści ziemi  
jest pra-  
wie iak 1:  
69.

Fig. 170.

Gdyby tylko samą ziemią obracała się około słońca, okazałoby można, że ięć szrodek określiłby niedorzutnią czyli Ellipsę. Ale że ziemia blizka jest xiężyca i na niego ciąży, bieg ięć około słońca mocą xiężyca miészają się; ponieważ szrodek ziemi musi się téż razem obracać i około spólnego szrodka wszystkich ciał niebieskich. Ażebyśmy więc ten bieg złożony dokładnie zrozumieli, wystawmy sobie, że płaszczyzna przechodząca przez szrodek słońca i xiężyca około słońca po Ellipsie, ziemia zaś i xiężyc na téj płaszczyźnie około wspólnego ciężkości szrodka obraca się (16); a tak oczywista jest rzecz, że ten szrodek ciężkości, który tylko ma bieg wspólny i nie może być uczestnikiem biegu kołowego, że ten mówię szrodek, kręśli Ellipsę czyli niedorzutnią około słońca, szrodek zaś ziemi około niego się obraca, i dla tego niekiedy trochę pędzcy, niekiedy powolniey bieży, niżby biegł, gdyby w rzeczy samę Ellipsę około słońca kręślił. Przypuściwszy zaś, że sam szrodek ziemi bieży około słońca po Ellipsie i wyrachowawszy podług tego przypuszczenia mieysca widzialné słońca, tedy między mieyscém tak wyrachowaném i mie-

i miejscem słońca prawdziwem żadney różnicy nie będzie w Nowiach lub Pełniach; gdyż w ten czas linia SL przez szrodek słońca S, ziemi T, księżycy L i przez wspólny szrodek ciężkości C księżycy i ziemi przechodzi. W takim bowiem razie widzimy słońce w témże samym miejscu z punktu T, iak i z C. Lecz różnica (o którejśmy mówili) największa jest, gdy księżyc jest w kwadrze, gdzie jego szrodek M znajduje się na linii QCM prostopadłej do SL. Gdy bowiem szrodek ziemi w ten czas jest w Q, różnica między miejscem słońca wyrachowaniem i prawdziwem, równa się kątowni QSC, który według najsłabiej-szych dostrzeżeń blisko kwadrans w średnię liczbę wynosi do  $7,4''$ . Gdy zaś promień ziemi widziany ze słońca, czyli dwugład poziomy słońca jest blisko  $8,7''$  (Wstę. XII. 40.) idzie zatem, że szrodek wspólny ciężkości ziemi i księżycy, w ziemi przypada, a gdy QM odległość średni szrodka księżycy od ziemi jest blisko 60 promieni ziemi; zatem kąt MSQ, czyli łuk QM jest  $= 60. 8,7 = 522''$  a przeto  $CM = 522 - 7,4 = 514,6''$  i CM: CQ = 69:1. W tymże samym stosunku jest miąższość ziemi do miąższości księżycy: bo C jest wspólnym szrodkiem ciężkości obu ciał (14) Stąd wypada, że szrodek ziemi kręśli około słońca Ellipsę (7);  
gdyż

gdyż srzodek ciężkości wspólny ziemi i księżycowi, tak jest blizki srzodka ziemi, iż bieg srzodka ziemi około srzodka wspólnego ziemi i księżycy ledwo dostrzeżony być może.

## §. XVIII.

Miaższość Słońca. Sposób wynalezienia miaższości słońca i ziemi jest następujący: Wystawmy sobie, że ziemia koło słońca w odległości  $D$ , a księżyc około ziemi w odległości  $d$  kołuią, w czasach peryodycznych czyli obieżnych szrednich  $T$  i  $t$ , miaższość zas słońca jest  $S$ , Księżycy  $L$ , a ziemi  $M$ ; tedy będą siły wszeródpedne całkowite  $v$ :  $f$ , które mi księżyc i ziemia biegą w stósunku  $\frac{MD}{T^2} : \frac{Ld}{t^2}$

(Rozd. I. §. 13.) zatem siły pierwiastkowe wszeródpedne  $= \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$ . (Rozd. II. § I.)

A że też same siły wszeródpedne pierwiastkowe, także są w stosunku prostym iak miaższości, a odwrotnym kwadratów z odległości (8) to jest: iak

$$\frac{S}{D^2} : \frac{M}{d^2} \text{ przeto } \frac{S}{D^3} : \frac{M}{d^3} = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2} \text{ i } S :$$

$$M = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2} = \frac{D^3 t^2}{T^2 d^3} : 1. \text{ Jest zaś } D$$

$= 23708$  (Wstę. XII. 39.) a szrednia odległość srzodka księżycy i ziemi  $d = 59$ ,

94. (Wstę. XII. 39.) a zatem  $\frac{D}{d} = 396$

blizko więc  $\frac{D^3}{d^3} = 62099136$ . Lecz czas T

średni obieżny ziemi jest = 525969 a zaś

$t = 39343'$  zaczęm  $\frac{t}{T} = 0,0748 \frac{t^2}{T^2} = 0,$

005595, rozmnożywszy więc tę liczbę przez 62099136 wypadnie 347444, taką więc ilością miąższość słońca przewyższa miąższość ziemi. Porównawszy zaś miąższości słońca, ziemi, księżyca, z ich objętościami (volumen) Wstę. XII. 39.40.) okaże się, że ziemia jest gęstsza od słońca i księżyca.

### §. XIX.

Stąd wypada sposób dosyć dokładnego oznaczenia stó-unku sił, którymi morze od słońca i księżyca jest poruszone. Jest bowiem średnia odległość słońca od powierzchni ziemi = 23707 a zaś od środka ziemi 23708, średnia odległość księżyca od powierzchni ziemi = 59 a od ięty środka = 60 prawie. Zaczęm siła, którą słońce pociągą powierzchnią ziemi =  $\frac{347444}{23707^2}$  (18 i 8) a siła, którą słońce po-

Stósunek sił, które mi morze od słońca i księżyca jest poruszané.

ciągą szrodek ziemi =  $\frac{347444}{23708^2}$  Różnica

przeto obu sił, którymi się poruszają czyli raczej

raczemy pociąg morze jest  $= 347444$   
 $(23708^2 - 23707^2) = \frac{347444 \times 47415}{23707^2 \times 23708^2 - 23707^2 \times 23708^2}$  Po-  
 dobny sposób znajduje się siła, któ-  
 rą ciężyc pociąg morze  $= \frac{60^2 - 59^2}{69.59^2.60^2}$

(17)  $= \frac{119}{69.59^2.60^2}$  Przeto siła ciężyca  
 będzie się miała do siły słońca  $=$   
 $\frac{119.23707^2.23708^2}{47415.347444.69.59^2.60^2}$  : 1. Jest zaś

1.  $119 = 2,0755470$  a zaś 1  $47415 = 4,6759157$   
 2 l  $23707 = 8,7497532$  1  $347444 = 5,5408848$   
 2 l  $23708 = 8,7497898$  1  $69 = 1,8388491$

$19,5750900$  2 l  $59 = 3,5417040$   
 $- 19,1536560$

$0,4214340 = 1,264,2$  l  $60 = 3,5563024$

$19,1536560$

Zaczem siła, którą ciężyc pociąg mo-  
 rze, blisko 2, 64 razy większa jest od si-  
 ły słońca, co bardzo zgadza się z do-  
 świadczeniem. Porównyując bowiem  
 między sobą wylęwy (fluctus) w pun-  
 ktach prostogłości i kwadr. (Rozd. IV.  
 § 14.) znaleziono, że siła ciężyca prze-  
 wyższa siłę słońca w pociąganiu morza  
 blisko  $2\frac{1}{2}$  razy.

§ XX.



## §. XX.

Gdyby sama tylko ziemia i księżyc obracały się około słońca, tedy szrodek ciężkości spółny obu tym ciałom na téż saméj Ellipsie znajdujący się zawsze postępował około szrodka ciężkości spółnego słońca, ziemi i księżycowi a położonego w ognisku téżże Ellipsy, który to spółny szrodek, że daleko mniey odległy jest od szrodka słońca, niżeli szrodek ciężkości spółny ziemi i księżycowi od szrodka ziemi, łatwo zrozumieć można. Lecz że i inné Planety obracają się około słońca i ciężą na słońce i na ziemię, a zatem bieg szrodka ciężkości ziemi i księżycy lubo mało, wszelako niekiedy przyspieszają, a niekiedy spozniają; (Rozd. IV. § 18.) Stąd wypada, że ta Ellipsa, którą tenże szrodek kręśli wraz z linią odstępów (absidēs) odmienną ustawnie położenie swoje, chociaż bardzo zwolna; to jest zdaie się, iż odstónicznik ziemi (*aphelium*) nieiako postępuje corocznie podług porządku znaków niebieskich ilością  $1' 5\frac{1}{2}''$  a zatem rok ustępny to jest czas, w którym ziemia oddalwszy się od słonecznika znówu do niego powraca dłuższy jest ilością  $26' 35''$  niżeli rok zwrotny, który ma w sobie 365 dni 5 god.  $48' 45''\frac{1}{2}$  (Wstę. XII. 4.) a w którego przeciągu ziemia z pewnego punkta Rocznookręgu (*Ecliptica*) n. p.

Rok ustępnym (*anomalous*)  
zwrotnym (*tropicus*)  
i obieżnym (*periodicus*)

z punkta

z punktu porównań (*aequinoctiorum*) wyszedłszy, do tegoż samego punktu znowu powraca. Że zaś płaszczyzna równika (*aequator*) nie zupełnie jest niewzruszoną, przeto linia porównań czyli przecięcie płaszczyzny równika z płaszczyzną rocznokregu corocznie ilością 50, 3" cofa się, to jest od wschodu na zachód zdaje się ustępować, który bieg nazywają się cofaniem się punktu porównań dnia z nocą (*praecessio aequinoctiorum*) dla takowego biegu rok zwrotny kończy się w przed niżeli słońce do téjże saméj stałej gwiazdy znowu powróci, to jest przed skończonym rokiem obieżnym, czyli rokiem gwiazdowym (*annus sidereus*) Ten więc rok dłuższy jest od zwrotnego 20' 26" a zatem zawiera 365 dni 6 god. 9' 11".

## §. XXI.

Gdyby ziemia była zupełnie kulą, na ten czas nie byłoby cofania się punktów porównań dnia z nocą, gdyż wtedy ziemia takby ciążyła na słońce i sięgłyc, iakby cała ięć miąższość była w szrodek zebrała, (§ 11.) a zatem ani oś ziemi, ani płaszczyzna równika, żadney nie podlegałyby odmianie. Lecz że ziemia jest nieco spłaszczoną kulą (*sphaerois*) wyniesioną pod równikiem, a równik przecina rocznokrąg pod kątem 23°, 28' łatwo zrozumieć można, że ięć się to zdarza, co i sięgłycowi z podobney przyczyny. Przy-

Przypuśćmy bowiem, że miąższość ziemi jest zebrana w jęj szrodek, i że mały iaki księżyc (satelles) około nięj bieży na płaszczyźnie równika ziemskiego, oczywista jest z tego, cośmy wyżej wyłożyli (Rozd. IV. § 15. 16.) że węzły tego księżycy, przez działanie słońca i księżycy ustawicznie cofać się będą. Tenże sam skutek okazuje się w jnnych iakichkolwiek księżycach, któreby się obracały na tymże równiku, a zatem w jakimkolwiek pierścieniu (annulus) stałym, wyniesionym nad równik i obracającym się okóło osi ziemi. Aże w rzeczy samey wystawiamy sobie, że równik ziemski takim pierścieniem jest opasany, który razem z ziemią ustawnie obraca się okóło osi ziemskiej; węzły więc tego pierścienia czyli punkta, w których os ięj przecina rocznokrag, to jest punkta porównań dnia z nocą ustawicznie się, chociaż zwolna cofają; gdy więc tak cały płaszczyzny równika położenie ustawicznie się odmięnia, dla tęj przyczyny i os ziemska położenie swoje także odmięnia i nie zawsze jest samey sobie równoległą. Tę zaś bieg najwięcęj pochodzi od siły księżycy, którego droga do równika ziemskiego pochylona jest pod kątem nie zbyt małym, i którego siła w tęp poruszeniu z tępże samey przyczyny, co i w wylęwach morza większa jest od siły słońca,

w stó-

w stosunku prawie  $2\frac{2}{3}$ ; i (19) A że nachylenie drogi księżycy do płaszczyzny równika odmianie podlega od  $18\frac{1}{2}^{\circ}$  aż do  $28\frac{1}{2}^{\circ}$ , toć cofanie się punktów porównań dnia z nocą nie jest iednostayne, i w przeciągu blisko 19 lat, w których węży księżycy drogę swoją przebiegaia (Rozd. IV. § 16.) największe jest około  $58''$  na rok a najmniejsze  $43''$  na rok. Tę zaś nierówność w cofaniu się punktu porównań, albo w biegu osi ziemskiej, nazwano kołysaniem czyli ważeniem się osi ziemskiej. Prócz tego przez działanie słońca i księżycy i nachylenie równika do rocznokregu w dwóch latach na przemiany, dwa razy rośnie i dwa razy ubywa lecz bardzo nieznacznie (Rozd. IV. § 17.) Jest jeszcze i inne zmniejszenie pochyłości rocznokregu, pochodzące od działania planet, które iednak zmniejszenie w przeciągu całego terażniejszego wieku do  $56''$  tylko dochodzi.

## §. XXII.

Pierwszy był Hipparchus, który około roku 134 przed N. C. dostrzegł cofania się (*praecepsio*) punktów porównań dnia z nocą, cofania te znacznie wpływaią w odmianę długości (*longitudo*) zboczeń (*declinatio*) i wznoszeń prostych (*ascensio recta*) wszystkich gwiazd (Wstę. XII. § 17. 21. 22.) i dla tego rozróżnić potrzeba znaki niebieskie od gwiazdozbierów (*constellatio*).

Skutek cofania się punktów porównań dnia z nocą.

tio) tegoż nazwiska : rocznikrąg bowiem dzieli się na części równych 12, które znakami nazwano, i pierwszy punkt znaku Barana, od którego zaczyna się ten podział, przypada w punkcie przecięcia się równika z rocznokregiem; Za czasów Hipparcha punkt ten przecięcia wrzeczy samy był w początku znaku barana i wszystkie w szczególności podziały rocznokregu odpowiadały w szczególności gwiazdობioróm tegoż samego nazwiska; i tak znak Byka gwiazdობiorowi Byka, Lew gwiazdობiorowi Lwa i t. d, lecz w przeciągu lat 1920 początek ów znaków rocznokregu cofnął się blisko na  $27^{\circ}$ , stąd łatwo zrozumieć, dla czego, gdy słońce jest w znaku Barana, my go widzimy w znaku Byka, to jest w tym punkcie Nieba, gdzie znak Byka za czasów Hipparcha przypadał: gdy jest w znaku Byka, widzimy go w znaku Blizniąt i t. d; gwiazda też biegunowa położenie swoje ustawicznie odmienia i inne gwiazdy dopierszłego swego położenia względem punktów porównania nie prędzcy powrócą aż w przeciągu 25000 lat.

## R O Z D Z I Á L VI.

### *o budowie Świata.*

#### §. I.

Ponieważ ziemia obraca się około słońca, należy więc do liczby planet; inne Planety wyższe i

I i pla-



planety względem ziemi dzieli się na niższe, to jest bliższe słońca i wyższe, niższe-  
 mi są: Merkuryusz ♿ Venus ♀, wyższe zaś  
 są: Mars ♂, Jowisz ♃, Saturn ♄ Uranus ♅.  
 Te planety nazywają się głównymi, które  
 krażą około słońca, inne zaś które kołują  
 koło tychże planet, nazywają się planetami  
 drugimi (*Planetae secundarii*) czyli xieży-  
 cami jako n. p. xieżyko ziemski: planety  
 niższe zdają się to warzyszyć słońcu. Jeżeli  
 bowiem S, jest srzodek słońca NVM droga  
 Merkuryusza; lub Wenery, T mieyscé  
 ziemi ♂; tedy się okaże, że poprowa-  
 dziwszy liniie TN, TM, stycznne do drogi  
 NVM, planeta nigdy w większey odległo-  
 ści nie będzie od słońca widzianym z zie-  
 mi, iak pod kątem STM, lub STN, który  
 kąt nazywá się kątem największego od-  
 dalenia planety (*maxima elongatio*). Za-  
 czém-gdziekolwiek ziemia będzie zawsze  
 z niéy widzieć będziemy planetę w grani-  
 cach kąta NTM, a zatém zawsze blisko  
 słońca; iuż z prawéy, iuż z lewéy strony,  
 a czasém na saméy płaszczyznie słonecz-  
 néy. Przeto Merkuryusz i Wenéra, nie  
 inaczej przez niejaki czas, albo przed  
 wschodem słońca, albo po iego zachodzie  
 widzianemi bydz mogą, w czasie zaś naj-  
 większey bliskości przy słońcu, dla iego  
 blasku ledwie ié widzieć można, chyba na  
 saméy płaszczyznie słońca, przez które  
 niekiedy przeyscie ich postrzegamy na-  
 kształt

## O BUDOWIE ŚWIATA SIS

kształt plam czarnych. Prócz tego, te planety odmięniały postaci swoje tak, iak xiężyć ziemski, i tarcza ich z ziemi widziana bywa niekiedy cała, niekiedy tylko w części swolęj. Wenera ieżeli przed wschodem słońca jest widzialną nazywa się *futrzenką* (lucifer) ieżeli zaś po zachodzie słońca (Hesperus) gwiazdą wieczorną zowie się. Odległość zaś planety niższego, może bydź oznaczona z dostrzeżeniam największćy iego od słońca odległości. Wziąwszy bowiem drogę planety za koło zupełné i poprowadziwszy promień SM, który iest prostopadły na MT, będzie SM: ST = wst STM: 1, to iest odległość planet od ziemi, ma się do odległości ziemi od słońca, iak wstawa kąta największego STM, do wstawy całej.

### §. II.

Co do wyższych planet, té nie zawsze w bliskości słońca, ale niekiedy na przeciwnego są przeciwległe: Niech bowiem VNFM będzie droga ziemi około słońca S, a zaś w punkcie T iaki planeta wyższy, poprowadziwszy przez punkta S i T linią prostą AF, i styczne NTB, iasno się okazuje, że gdy ziemia przychodzi do punktu F, słońce S iest w złączeniu (*conjunctio*) z planetą T, a w przeciwległości (*oppositio*), gdy ziemia iest w miejscu V, gdy zaś ziemia postępuje z miejsca V przez D ku N, wtedy zdawać się będzie, iż planeta postępuje od A do B, a gdy zię-

Biegi pozorné planet wyższych,

li z

nia

mią będzie około punktu N, wtedy planeta wydawać się będzie stojący, gdy zaś ziemia z miejsca N idzie ku E wtedy planeta zdaie się znowu cofać od B ku A, tak różne te biegi pozorne, które uważamy w planetach wyższych, łatwo tłumaczyć się, przez bieg ziemi. Odległość zaś planety jakiego wyższego od słońca oznaczona być może z dostrzeżony wielkości jego średnicy pozornej w czasie złączenia i przeciwległości. Niech będzie stosunek dostrzeżony średnicy pozornej, jak  $m:n$ , tedy będzie  $VT:FT = m:n = ST:VS$ :  $ST + VS$  a zatem  $2ST:2VS = n+m:n - m$ , i  $ST = \frac{n+m}{n-m} VS$ ; można także w Jo-

wiszu i Saturnie, przez zamiénienie ich, xieżyców i położenie cienia, oznaczyć kąt HTA albo DTS, który jest między linią SA, na której jest miejsce planety, widzianego ze słońca czyli miejsce jego współśrodkowe ze słońcem (locus planetae heliocentricus) i między linią DH na którą przypada miejsce planety widzianego ze środka ziemi, czyli jego miejsce z ziemią współśrodkowe (locus Geocentricus) kąt TDS, czyli największe oddalenie planety może być dostrzeżony, a tak z wiadomych wszystkich kątów trójkąta TDS można oznaczyć stosunek boków. Tak dojdziemy stosunku odległości DS ziemi od słońca i odległości TS planety wyższego od słońca. §. III.

# OBUDOWIE SWIATA 317

## §. III.

Wszystkie te planety po drogach Elliptycznych, prawie kołowych krążą, czyli raczej około wspólnego ciężkości środka słońca i wszystkich planet znajdujące się w ognisku tych Ellips, które różnie się nachylają do płaszczyzny rocznego okręgu. Wziawszy zaś odległość średnią ziemi od słońca za 1, wypadło z najdokładniejszych dostrzeżeń, iż jest:

Odległość planet od słońca i pochyłość ich drog.

Największa odległość od słońca    Najmniejsza odległość od słońca    Pochyłość drogi do rocznego okręgu

♂	26,	25968.	24,	09464.	6°	43'	35"
♂	10,	07147.	9,	00727.	2°	30'	20"
♂	5,	45375.	4,	94821.	1°	19'	10"
♂	1,	66587.	1,	38151.	2°	9'	0"
♂	0,	72843.	0,	713'8.	3°	23'	20"
♂	0,	46670.	0,	30750.	7°	0'	0"

## §. IV.

Prócz tego, wszystkie planety tak głównie, jako i ich księżycy od zachodu na wschód, drogami swymi bieg mają, i w tymże samym, co słońce kierunku około swoich osi obracają się. Linie węzłowe (Lineae nodorum) które drogi planet przecinają płaszczyznę rocznego okręgu, jako też i linie odstępów (apsides) we wszystkich planetach zwolna postępują. Rozróżnić w nich jeszcze należy, z przyczyny cofania się punktu perihelionu z rocznym obiegiem

Czas średni obiegu planet

obieg zwrotny (*revolutio tropica*) od gwiazdowego (*Siderea*) (Roz. V. §. 20.) a oba té obiegi rozróżnić należy od obiegu dobieżnego (*sinodich*) który się rachuje od złączenia się ze słońcém do powrotu na ténże sam punkt.

	Obieg gwiazdowy	Obieg zwrotny	Obieg dobieżny
♄	1076 d 14 g 36' 41"; 10749 d 7 g 21' 50"; 378 d 2 g 8' 8"		
♂	74332 d 8 g 51' 26"; 4330 d 8 g 58' 27"; 398 d 21 g 15' 45"		
♂	686 d 23 g 30' 43"; 686 d 22 g 18' 27"; 779 d 22 g 28' 26"		
♂	224 d 16 g 49' 13"; 224 d 16 g 41' 32"; 583 d 22 g 7' 6"		
♂	87 d 23 g 15' 37"; 87 d 23 g 14' 26"; 115 d 21 g 3' 22"		

Obieg zwrotny Urana nowego planety blisko 30316 dni.



## O BUDOWIE ŚWIATA 519

### §. V.

Troiaką w planetach uważa się średnicę: najmniejszą, średnią i największą. Jeżeli średnicę ziemi średnią za iedność weźmiem, tedy następujące średnice będą Urana 4, 454, Saturna 9, 98, Jowisza 11, 26, Marsa 0, 66, Wenerę 0, 96, Merkuryusza 0, 41; miąższości zaś tych planet podług rachunków nąydowodliwszych mają się do miąższości 1, ziemi: Saturna iak 106, 9, Jowisza iak 340; Marsa blisko iak 0, 22, Wenerę iak 1, 17, Merkuryusza iak 0, 14. Podzieliwszy te liczby przez sześciiany średnic, wielorazy będą iak gęstości planet, skąd się pokazuje, że Merkuryusz, Wenera, ziemia i Mars są gęstsze od słońca, Jowisz zaś i Saturn rzadsze, ogólnie zaś docieczono, że planety tém są gęstsze im bliższe słońca. Co się tycze Saturna średnica iego kuli ma się do średnicy największey iego obręczy, iak 3 : 7. Przeciąg zaś mieysca, między pierścieniem i iego kulą zewszad stron, równa się szerokości samego pierścienia, który to pierścień do płaszczyzny drogi Saturna blisko na 30° jest pochylony.

Srednice  
planet.

Fig. 172.

### §. VI.

Na słońcu, na które gołym okiem bez uszkodzenia wzroku zapatrywać się nie można, tylko przez szkła zafarbowane, lub zakopcone, widzieć się prawie zawsze dają plamy czarne, niby mgłą powleczone

Plamy na  
słońcu i  
planetach.

nie-

nieforemnego kształtu, zmniejszając się, których szerokość niekiedy 3 razy jest większą od średnicy ziemi. Te plamy w 14 dni płaszczyznę (\*). Słońca krzywą drogą zdają się przebiegać, i na zachodnim słońca brzegu znowu widzieć się dać, lecz takim sposobem, iż pewnie stąd wnosić można, że one są na samy słońca powierzchni, i że słońce obraca się ku zachodowi około osi pochylony do płaszczyzny rocznokregu pod kątem blisko

$82\frac{1}{2}^{\circ}$  w przeciągu 25 dni 12 godzin. Na

płaszczyźnie także Jowisza widzieć się dać nieiakié plamy odmiieniające, czyli raczej nieiakié strefy ciemné (fasciae) do rocznokregu równoległe, których ruch uczy nas, że ten największy planeta w 9 godzin 57' około swęj osi prawie prostopadły do płaszczyzny rocznokregu obraca się, to jest pod kątem blisko  $87^{\circ}$ ; przeto ten planeta daleko prędzej obraca się niż ziemia, i dla tego bardziéj jest przyswoich biegunach spłaszczony, gdyż oś jego ma się do średnicy równika, jak 13: 14, skąd dowodliwie wypada, że i ten planeta z razu był płynnym. Na płaszczyźnie także Marsa przez przeziérniki różné wielkié plamy dostrzeżono,

(\*) Lubo słońce jest w samy rzeczy okrągłe, że jednak każde ciało okrągłe, zdaleka zwiászczta widziane, wydaje się nam jak płaskié, z téj przyczyny część słońca widzianą, nazywają się płaszczyzną po łacinie *discus*.

## O BUDOWIE ŚWIATA 521

żono, które dowodzą, że ten planeta w czasie 24 godzin blisko 40' obraca się około swęj osi nachylenę do płaszczyzny jego drogi pod kątem  $61^{\circ}$ , 18'. Też samę dostrzeżone są plamy na Wenerze, z których się pokazuje, że ten planeta obraca się około swęj osi w czasie 23 godzin 20'; ziemia téż nasza obraca się około swęj osi, w czasie 23 godzin 56' 32". Co się Merkuryusza, Saturna i Urana tycze, tedy ruszy z nich tak iest blizki słońca, drugie dwa tak daleko, iż na ich płaszczyznach żadnych plam doyrzć nie możemy, nie wiemy zatęm z pewnością, czyli się około swęj osi obracają lub nie; wszelako iest rzeczą dowodliwą, że i te planety tak iak i inne około swęj osi obracają się.

### §. VII.

Dowodliwą iest rzeczą, że planety tak iak i ziemia mają swoje powietrzkregi (*Athmosphæra*), równie i słońcę otoczone iest wielkim powietrzkregiem, który daleko iest wyżę około równika słońca, niż około jego biegunów, dla niezmiernie szybkiego obracania się słońca na osi swięj. Światło bowiem to, dla tego zwierzkresowém (*Zodiacale*) nazywają, że zawsze na rocznokregu pokazuje się, pochodzi zaś podług mniemania niektórych Fizyków od tegoż powietrzkregu, promieniami słońca oświeconego. To światło w Kraiach między zwrotnikami codziennie przed

Światło  
zwięrzo-  
kresowé  
(lumen  
zodiacale)

przed wschodem albo po zachodzie słońca pokazuje się niekiedy prostopadłe na poziom, w kształcie ostrosłupa białawego, którego oś znajduje się na samej płaszczyźnie równika słońca pochylonego do rocznokregu pod kątem  $7\frac{1}{2}^{\circ}$  wzdłuż niekiedy do  $100^{\circ}$  niekiedy do  $45^{\circ}$  tylko w szerz zaś przez  $8^{\circ}$  aż do  $30^{\circ}$  rozciąga się. U nas i we wszystkich innych krajach od równika oddalonych światło to dla swej słabości, ledwo bywa dostrzeżone, tylko około czasów porównań dnia z nocą w miesiącach Marcu i Październiku, gdzie trwałość świtu i mroku (*crepusculum*) jest najmniejszą, ponieważ w innych porach roku od świtu i mroku ledwo byź może rozróżnione. W czasie wiosny, przy wschodzie słońca znaki północne rocznokregu są ku wschodowi, a zatem pod poziomem naszym, a znaki południowe nad poziomem. Gdy zaś te bardzo mało wstępują nad nasz poziom, światło też zwierzęcowe, chociaż w ten czas dosyć jest wyniesione nad poziom, z rana nie bywa widziane ale przy zachodzie słońca światło słoneczne rozlane po znakach; północne widzieć się daje, chociaż w ten czas bardzo mało nad poziom jest wyniesione. W jesieni z podobnej przyczyny światło zwierzkresowe rano ani przed wschodem słońca, ani po zachodzie widzieć się nie daje.

## §. VIII.

Merkuryusz i Wenera niekiedy przechodzą się zdaia przez płaszczyznę słońca nakształt plamczarnych, a z nich Merkuryusz częściej, Wenera zaś rzadko, Merkuryusz do końca tego wieku dwa razy, Wenera zaś ani raz na płaszczyźnie słońca widzianą nie będzie. Ostatnie przejście Wenery było R. 1769, najbliższe będzie R. 1874. Przejścia takowe przez płaszczyznę słoneczną, osobiście przejścia Wenery wielkie są wagi, gdyż służą do oznaczenia dokładnego prawdziwej odległości słońca od ziemi. Niech będzie S szrodek słońca, AB droga Wenery, DE droga ziemi, oczywiście rzecz jest, jeżeli szrodek ziemi jest w D, Wenera zaś w punkcie A linii prostej SD, tedy Wenera ze szrodka ziemi wydawałaby się w punkcie S; lecz jeżeli szrodek ziemi w czasie jakimkolwiek t przyjdzie do E a razem szrodek Wenery do B, tedy ten szrodek zdawać się będzie ze szrodka ziemi w F pod kątem SEF, który przypuścimy, że jest równy półśrednicy widzialnej słońca  $16' 3''$  (Wstęp XII. 40.) Jest zaś SE: SB blisko jak 1: 0, 72 (§ 3.) A że i kąty ESB albo GSB i GEB są bardzo małe, będzie prawie SB, + BE = SE. a zatem SB: BE = 0, 72: 0, 28 = wst GEB: wst GSB = GEB: GSB; ponieważ kąty małe tak się mają do siebie, jak ich wsta-

Przejście  
Wenery  
przez płaszczyznę  
słońca.

Fig. 173.

wy.



wy. Zaczem  $0, 72: 0, 28 = 16, 05'$ : GSB a zatem  $GSB = 6, 24'$ . Ody zaś łuki AB i DE czyli kąty DSE i ASB w jednymże czasie  $t$  są przebieżone od ziemi i od Wenery, a Wenera swoją drogę odprawia w  $19415692''$ , ziemia zaś w  $31558151''$  (§ 4 i Rozd. V, § 20.) będzie prędkość katowa (*velocitas angularis*) Wenery do prędkości katowej ziemi prawie jak 1, 6: 1 więc  $ASB: DSE = 1, 6: 1 = 8: 5 = ASB: ASG$ : Zaczem  $8: 3 = ASB: ASB - ASG = ASB: GSB$ , a zatem  $ASB = \frac{8}{3} GSB = \frac{8}{3} 6, 24' = 16, 64'$ . Gdy więc Wenus w przeciągu  $15''$  czasu idną sekunde drogi swojej przebiega, musi w czasie 4 godzin blisko przeysść kąt ASB. W tymże samym czasie ze szrodka ziemi zdawać się będzie przebiegać półsrzodnicę słońca, a zatem cała słońca szrodnicę przebieży w czasie 8 godzin blisko.

## §. IX.

Z któregokolwiek punktu n. p. C powierzchni ziemi znajduącego się na stronie lewéy szrodka E, widzieć się dać Wenera na lin i CBH, a zatem od brzegu słońca (na którym wydawałoby się postrzegaczowi, gdyby ten znajdował się we szrodku ziemi) już oddaloną iest przeciągiem FH, którego miara iest kąt  $FCH = PCB$ , czyli różnica między dwugładami Wenery CBE i słońca CFE, odpowiadającemi w sokości punktu F względem mieysca

Jak z prze-  
ściś Wene-  
ry docho-  
dzimy dwu  
gładu (pa-  
rallaxis)  
słońca.

## O BUDOWIE ŚWIATA 325

scu C, (Wstę. XII. 32.) przeto na takiem miejscu Wenera przedzćy zdawać się będzie schodzić ze słońca, a niżeli uważana ze środka ziemi; iako też przedzćy wchodzić na słońce. Przeciwnie zaś jeżeli miejsce C jest po prawćy stronie środka E, tedy tam przeyscie Wenery późnić się zaczyna i późnić kończy, niż widziane ze środka ziemi. Gdy więc ziemia obraca się około swćy osi w tymże samym kierunku od Q do R, w którym bieży po swćy drodze od D ku E, przeto niektóre miejsca od słońca oświecone porywane nieiako są przez tćn obróćoko osi, od prawćy ku lewćy stronie tćk, iż n.p. miejsce f, które było w początku przeyscia po prawćy stronie środka ziemi w I, ku końcowi miejsca tego, po upłynięniu 8 blisko godzin, będzie po lewćy stronie w M, zaczęć we wszystkich takowych miejscach przeyscie Wenery późnić się zaczyna a przedzćy się kończy, niżoy się zdawało patrzącemu ze środka ziemi, a zaćm w mniejszym przeciągu czasu odbywają się. Lecz miejsce N blisko bieguna oświecone, gdzie wtedy albo żadnćy nie masz nocy, albo jest tak króćka, iż w wieczór przed zachodćm słońca począćk przeyscia Wenery a po wschodzie słońca rano dnia następująćcego koniec przeyscia dostrzeżony być może, tam począćk przeyscia Wenery jest

Fig. 173.

Fig. 174.

jest po lewéj stronie srzodka ziemi, a koniec po prawéj, a zatém przedzý tam zaczyna się przeýście, późniéj się kończy i dłużéj trwa, niż gdyby było widziane ze srzodka ziemi. Ta zaś nierówność trwania przeýścia Wenery na różnych miejscach ziemi (iakośmy powie- dzieli) pochodzi od różnicy dwugłędów Wenery i słońca, których stósunek wiado- my jest z wiadomého stósunku między odległościami Wenery i Ziemi od słońca. Stąd się łatwo okazuje, iż z dostrze- żonéj téj nierówności czasu trwania przeýścia Wenery doýszdź można dwugłę- du słońca z zupełną dokładnością, gdyż nierówność ta dla powolného posuwania się Wenery po słońcu (choćaż Wenera nie przez sam srzodek płaszczyzny słone- cznéj przechodzi) wszelako, że do 20' i więcéj, czyli do 1200" i daléj zayszdź może, tak albowiém choćby w dostrze- ganiu omyliło się dwiema sekundami cza- su, przez tę atoli omyłkę ledwo 600tną częścią uchýbiłoby się w pewności całko- witégo dwugłędu słońca.

## §. X.

Oprócz Planet ieszcze i Komety krą- żą około słońca, z tą iednak różnicą od planet, że nie tylko na zwierzokresie bieg swój odbywają (Wstę. XII.) ale i po innych nieba miejscach, nie tylko od zachodu na wschód, ale i w jnych kie-

Komety  
ciężkością  
powsze-  
chną krą-  
żą około słoń-  
ca.

## O B U D O W I E S W I A T A 527

kierunkach, i że ich szrednica pozorną, iuż się powiększą, iuż znowu zmniejszą, w reszcie niewidzialna, na koniec, że przez krótki czas bydz mogą widziane, a częstokroć słabém tylko błyszczą światłém, które niby mgłą okryté, ogóném ich nazywają się. Ogóny komet zawsze się pokazują w stronie od słońca odwróconé, takżas są subtelne, iż przez nie gwiazdy stałe widziane bydz mogą, niekiedy są krótkie, niekiedy bardzo długie, czasem proste, a niekiedy téż nakrzywione, niekiedy same ogóny widzieć się daia, a ciała komety niewidać. Piérwszy *Newton* okazał, że komety podług tych samych praw ciężkości powszechné, co i planety biegi swoje około słońca *S* odbywają po Ellipsach bardzo podługnych. I tak komety z miéysc od ziemi najodleglejszych przychodząc, gdy się ku swému *Dostłonecznikowi A* zbliżają, zaczynają bydz widzianémi, daley zanurzwszy się w promieniach słonecznych nikną, wychodząc z nich znowu się pokazują, a coraż bardziéy oddalając się od swégo *Dostłonecznika A* zbliżając się zaś ku *Odstłonecznikowi B* światło ich się zmniejsza i na koniec z oczu nikną. Że zaś światło ich iest bardzo słabe, przeto z ziemi *T* nie mogą bydz widziane, tylko w małym drógi swoiéy przeciągu, który ledwo przewyższać zdaie się odległość *Jowisza* od słońca, a stąd się po-

Fig. 175.

pokazuje, że trudną i częstokroć niepodobną iest rzeczą, aby z tak małej części drogi komety, którą postrzegać możemy, całą drogę komety dokładnie oznaczyć.

## §. XI.

*Halley* sławny Astronom Angielski przed Czas obie-  
żny (*periodicus*) ko-  
met przez  
rachunek  
dochodzić  
się może. stem lat przeszło żyjący, czas obieżny  
iednego komety, sposobem *Newtona*, przez  
rachunek oznaczył, okazał on że ten ko-  
meta R. 1531 dnia 24 Sierpnia R. 1607  
dnia 26 Pazdziernika. i R. 1682 dnia 14  
Września był w swoim dosłoneczniku i  
przepowiedział, że tenże sam kometa zno-  
wu około R. 1757 miał się pokazać. Do-  
wiódł potem sławny Jeometra Francuzki,  
*Clairaut* roztrząsnawszy rachunki *Halleja*,  
że ten kometa dopiero R. 1759 miał być  
widziany, co też sam skutek stwierdził.  
Był bowiem R. 1759 dnia 12 Marca w swoim  
dosłoneczniku widziany, między *Merkury-*  
*uszem* i *Wenerą*. Czas iego obiegu iest 76  
lat  $6\frac{1}{2}$  Miesięcy, a zatem będzie znowu  
widziany R. 1835. Inny Kometa, który  
się pokazał R. 1661 podług *Halleja* miał  
powrócić w R. 1789, czyli iednak powró-  
cił czyli nie, Astronomowie z pewnością  
nie wiedzą. Porównyując zaś z sobą  
wszystkie komety, które postrzegali Astro-  
nomowie, dowodliwą iest rzeczą, że czas  
obieżny wielu komet iest kilkaset lat, tak  
iż komety widzianey R. 1759 czas obie-  
żny



żny dla téy tylko przyczyny mógł być dokładnie dostrzeżony, iż był tak krótki. Im bowiem dalszy jest odsłonecznik komety, tém częściej owa drogi, w której kometa widziany być może, mniejszą jest względem całkowitey drogi komety, a zatem trudnięz tak małe części całą drogę komety doskonale oznaczyć.

## §. XII.

Wszystkie komety do tych czas dostrzeżone w dosłoneczniku swoim bliższym słońca były niż Jowisz. Niektóre z nich tylko przez przezierniki być mogły widzianemi, ale częstokroć chociaż blizkie ziemi, nawet przez przezierniki dostrzeżone być nie mogły. Jeżeli bowiem mają znaczną szerokość południową, tedy się albo ukrywały pod naszym poziomem, albo około złączenia się ze słońcem zanurzały się w jego promieniach. Skąd niekiedy w czasie wielkich zacmiień słońca, komety blizko niego postrzegano, których przed i po zacmiieniu widzieć nie można było. Inne komety w śród lata, kiedy mrók, wieczór trwa aż do rana, albo w zimie, gdy niebo częstokroć przez wiele dni jest pochmurne, lub oświecone od księżyca będącego w pełni, do ziemi się zbliżają i z tych przyczyn nie mogą być widzianemi. Są także komety tak małe, iż tylko prawie przypadkiem przez przezierniki być mogą dostrzeżone. Bardzo więc dowodli-

Wielka  
liczba ko-  
met.

K k

Wą

wą jest rzeczą, że my ledwie czwartą część komet widzieć możemy z tych, które są do ziemi zbliżone tak, iż mogą stać się widzialnemi. I ponieważ podług dostrzeżeń w tym wieku uczynionych, średnią biorąc propercyę w rok dwie komety do ziemi się zbliżają. Wziąwszy zatem średni czas obieżny tych komet lat 300, (który daleko większy jest) wypada, że około naszego słońca jest przynajmniej 600 różnych komet, które bardzo zbliżają się do ziemi. Iak więc znaczna liczba komet być musi, których nie widzimy, dla wielkiej ich odległości od ziemi, gdy cała droga ziemską, jest prawie tylko punktem względem drogi Urana. Czyliż nie dowodliwą jest rzeczą, iż wiele tysięcy komet być może w naszym *Układzie słonecznym* (Systema solare).

### §. XIII.

Przyrodzie  
nie komet.

Własności, które we wszystkich planetach dostrzegamy, są do siebie podobne, a zatem dowodliwą jest rzeczą, że i inne ich własności, chociaż ich nie dostrzegamy są także do siebie podobne; stąd wnosimy, że wszystkie planety mają góry, doliny, morza, rzeki, a podobno i mieszkańców. Lecz przeciwnie zdaje się, iż komety mieszkańców nie mają; są bowiem całe różne od planet w biegu, kształcie, świetle, i t. d. Niezmiernym okrążane powietrzokrećmi, zdaje się, iakoby po większą część.

części z mgły tylko składały się, stąd wypada, że częstokroć są miąższosci bardzo rzadkiey względem swojej obiętości. I tak komety Roku 1744 ciało podłużne, które nazwać można z Łacińskiego (nucleus) iądrzem blisko 8 razy przewyższało wielkością swoją Merkuryusza, wysokość zaś tego komety powietrzkregu wynosiła się prawie do 8000 mil, a długość ogóna była do 7,000,000, mil, iednakowoż tak ogromne ciało, żadney nie sprawiło odmiany w biegu Merkuryusza, chociaż tak był blizki od niego; z czego się pokazuje, że miąższosc tego komety była bardzo mała; przez tego, komety tak częstokroć rozpałają się blizko słońca, iż dostrzedz można z nich wychodzące ogniste dymy, a ich iądro niebawem rozrywając się, albo znacznie zmniejszając się. Jakżeby więc ciała takie mogły bydz zamięszkané?

#### §. XIV.

Gwiazdy stałe dzielą się podług różney żywości światła na gwiazdy ruśzëy zgłëy 3 chtëy 4 tky 5 tky 6 tky i t. d. wielkości. Niektóre z nich mocném iásnieią światłém, niby migają się (scintillant) tak, iż przez żywość światła, łatwo ich rozeznac można od planet, a gdy gwiazdy daleko więcey są odległe od ziemi, niż planety, bez wątpienia muszą mieć właściwé światło, są przeto słońcami. Gwiazdy zdają się bydz tylko punktami przez doskonałe przeziér-

Gwiazdy  
stałe.

K k2

niki,

niki, i wiemy pewnie, że szrednica wi-  
dzialna żadney nie dochodzi nawet wiel-  
kości 1". Niektóre z nich mają sobie wła-  
ściwe biegi, lubo bardzo małe, niektóre  
z nich niekiedy bardziéy, niekiedy mniéy  
przyświecaią, a czasem zdaia się ni-  
knać. Daje się postrzegać w pośród nieba  
białawy pas (fascia) nieforemnego kształtu,  
tu i owdzie iakoby na Wyspy podzielony,  
który nazwano drogą mlęczną (*Via lactea*  
*galaxia*). Są i inne białawé plamy na nie-  
bie, lecz częstokroć tak małe, iż tylko  
przez przeziérniki bydź mogą widziane,  
które nazywają gwiazdami mglistými (*Stel-  
lae nebulosae*). Naywiększe między temi  
są przy biegunie południowym, które zo-  
wią obłoczkami (*nubeculae*). W niektórych  
przez dobre przeziérniki niezmierną liczbę  
gwiazd małych rozeznac można, w nie-  
których zaś nie, prócz mgły białawéy. Są  
także dwie plamy w stronie nieba połu-  
dniowéy tak czarné, iż Anglicy ié zowią  
worami węglarskiemi (*sacci carbonarii*)  
których czarność podobno pochodzi od  
światła drogi mlęcznéy, którą te plamy  
wokóło są otoczone.

## §. XV.

O gwiazdach stałych iwszéy wielkości,  
Układ 310. które naybliższe są ziemi, to mamy pewné-  
neczny. go z dostrzeżeń Astronomicznych, że ich  
Fig. 176. dwugład roczny nie dochodzi do iednéy  
sekundy. Przypuściwszy nawet, że ich  
dwu-



dwugład ACB wyrównywa 1", łatwo się pokazuje, że w trójkącie prostokątnym ACB, bok CA czyli odległość gwiazdy stałej C, od ziemi i od słońca jest = 206264 AB. Ze zaś AB jest średnicą drogi ziemskiej, wypada stąd, że gwiazdy stałe czterokroćstotysięcy razy odleglejsze są od słońca niż ziemia. Skąd łatwo wyrozumiewamy, że gwiazdy stałe wyrównywały co do wielkości słońcu, albo go jeszcze przewyższają. Podzieliwszy zaś to miejsce na dwie części równe i promieniem 200,000 AB, około słońca opisać, widać, że ta kula może za odległość odpowiadającą układom słonecznym. Gdy więc światło od słońca do ziemi przychodzi w czasie 8' (Roz. V. §. 5.), wypada stąd, że to światło potrzebowałoby lat sześciu, ażeby od jednego końca układu naszego słonecznego przeszło do drugiego. Jak zaś niezmierny jest ten przeciąg miejsca, okazać można następnym sposobem. Kula z przywiększego działu wystrzelona, największą siłą przebiega około 600 stóp w jednę sekundzie, czyli 100 sążni (hexapēda), a zatem gdyby zawsze jednokową miała chyżość, w czasie 36" jedną milę, a promień średni ziemi 909 mil, blisko w 9 godzin przebiegłaby. Więc ponieważ odległość słońca od ziemi czyli  $\frac{1}{2}$  AB = 23708 takich promieni, zatem kula owa chyżością nieosłabioną przebiegłaby to



to miejsce prawie w 24, 3' lat. Zaczem  
srzednicę całego układu słonecznego  
przebiegłaby w 9720000 lat.

## §. XVI.

Układ  
gwiazd  
stałych.

Układ takowy składa się z naszego  
słońca, z niezmierny liczby komet, planet,  
które to wszystkie ciała około wspólnego  
ciężkości srzodka (blizko słońca będącego)  
krążą i to w miejscu niekoniecznie pró-  
żném, ale napełnioném materią światła,  
tak iednak subtelną, iż przez iey opór  
bieg tych ciał znacznieby się odmienić nie  
mógł, chyba w przeciagu wielu wieków.  
Tén też wspólny ciężkości srzodek nie spo-  
czywa, ale podług najsłwieźszych do-  
srzeżeń *Herschela* i go wynalazcy Planety  
*Urana*, podług wszelkiego podobieństwa  
bieg ma szybki bardzo, zdaje się więc rze-  
czą pewną, że nasze słońce ze wszystkiemi  
gwiazdami stałemi, które widzimy roz-  
rzucone po niebie, inny powiększy  
układ czynią, i około wspólnego ciężkości  
srzodka tego układu obracają się. Ale  
któż wielkości układu tego w myśli nawet  
wystawić sobie może? wielu bowiem  
gwiazd stałych, dla ich małości gotém  
okiem nie widzimy. *Galileusz* zaś za po-  
mocą miernego przezziernika w jedney  
części gwiazdozbioru *Oriona* zawieraiący  
w sobie 14° prawie kwadratowych 500  
gwiazd stałych naliczył, to iest 36 w ka-  
żdym

żędym stopniu. Przypuściwszy więc, że w każdym stopniu kwadratowym Nieba mieści się 36 gwiazd stałych, które albo gołem okiem, albo przez przezierniki widzieć można, ogólna liczba gwiazd stałych, prócz drogi mlecznej i gwiazd mglistych, wyniosłaby do półtora miliona. Jeżeli zaś kula iakię gwiazdy stałe wyrównywa połowie kuli układu naszego słonecznego, tedy ten układ gwiazd, do którego należy słońce nasze równy będzie kuli, której średnica 114 razy blisko przewyższa średnicę układu naszego słonecznego, a stąd ledwie w 700 lat mogłaby być przebieżona. Z czego się pokazuje, iż gdyby która z pomiędzy gwiazd stałych, które gołem okiem widzimy, wygasła tedy wszelako przez wiele jeszcze lat byłaby na Niebie widziana, z przyczyny, że światło wiele lat potrzebuje, ażeby od téj gwiazdy stałej do ziemi doszło.

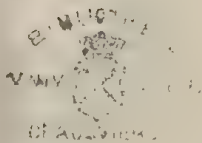
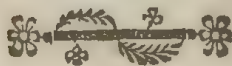
### §. XVII.

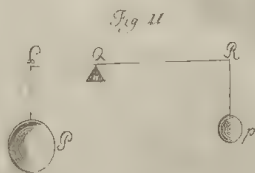
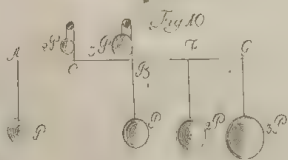
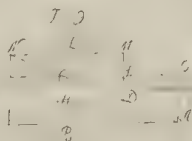
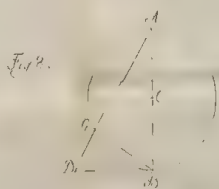
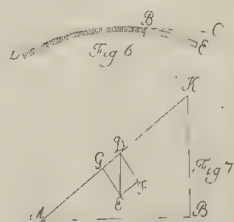
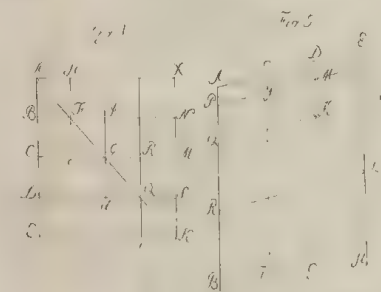
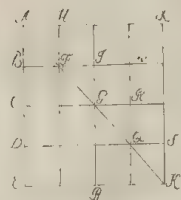
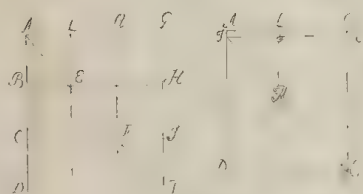
Takich układów złożonych z niezliczonej liczby gwiazd stałych lub słońców zbioróm byż się zdaie droga mleczna; podobnym także zbioróm bez wątpienia byż się zdaia owe obłoczki (*nubeculae*) czyli gwiazdy mgliste (*nebulae*), w których znaczney liczbie żadnych gwiazd i przez náylepsze przezierniki dotąd nie dostrzeżono. Wielkość tego widzialnego świata

Świat  
widzialny.

świata (*mundus aspectabilis*) wszelkie po-  
jęcie nasze przewyższą, ten iednak iako-  
kolwiek bądź wielki, częstką tylko naj-  
mniejszą jest całości (*Universum*). O! iak  
wielki zatem BOG, na którego skinięcie  
wszystko stało się i trwa.

*Kóńiec Części piérwszey.*





1912  
23  
1912





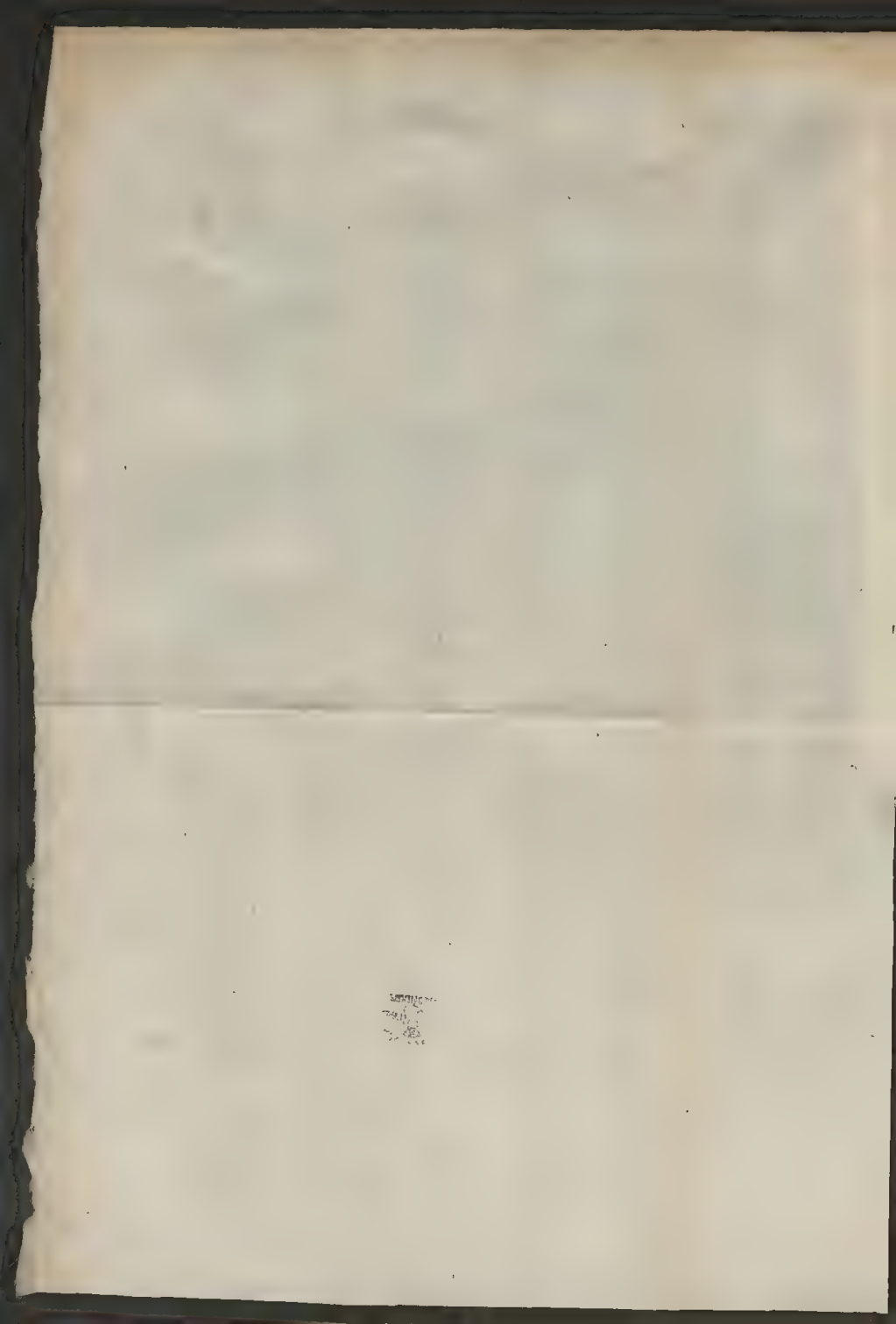
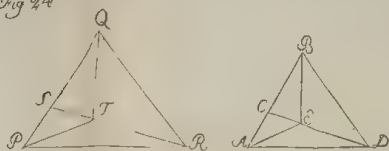


Fig 24



Tabula 3.

Fig 25.

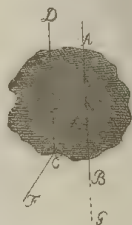


Fig 26

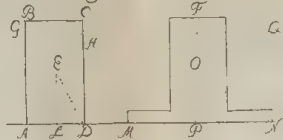


Fig 27

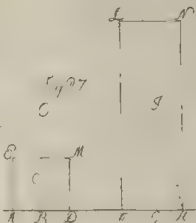


Fig 28

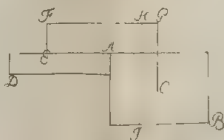


Fig 29

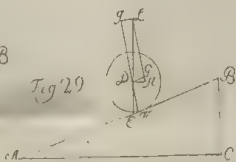


Fig 30

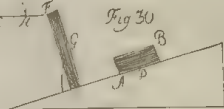


Fig 31

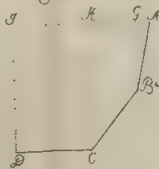


Fig 32

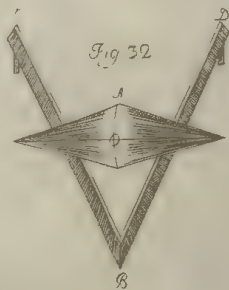
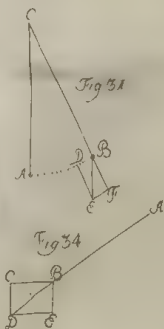


Fig 34



LIBRARY  
OF THE  
MUSEUM OF  
NATURAL HISTORY  
NEW YORK

Fig 36

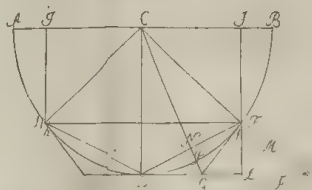


Fig 37

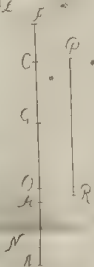


Fig. 33

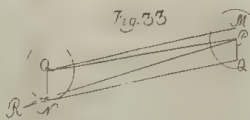
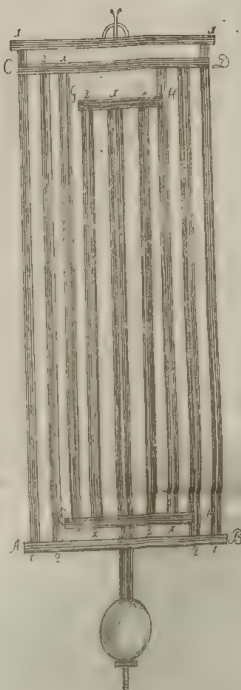


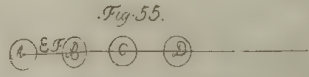
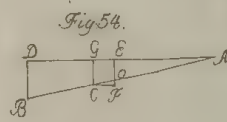
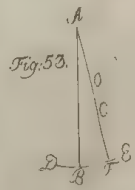
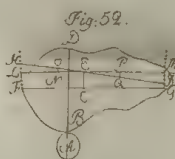
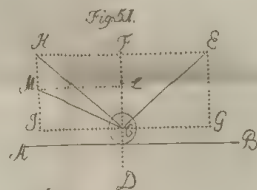
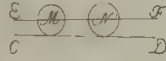
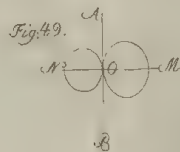
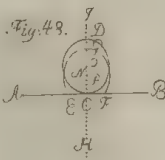
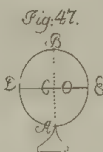
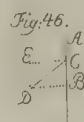
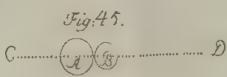
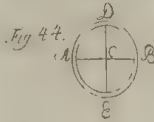
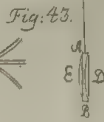
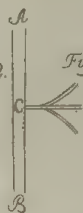
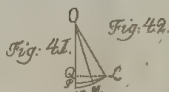
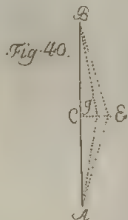
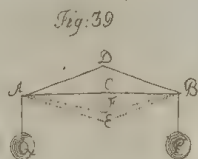
Fig 38







*Táblíca 5.*



1. 10. 10. 10.  
1. 1. 1. 1.  
1. 1. 1. 1.  
1. 1. 1. 1.

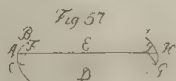
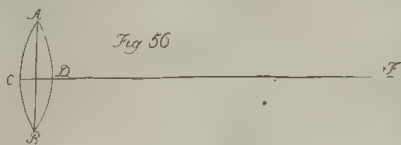


Fig 59

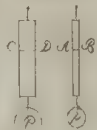


Fig 60

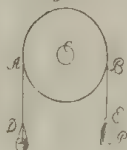


Fig 58

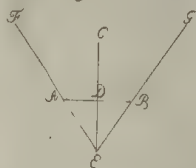


Fig 61

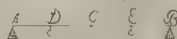


Fig 62

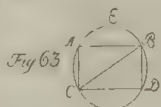
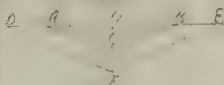


Fig 64



Fig 65



Fig 66

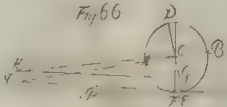


Fig 67

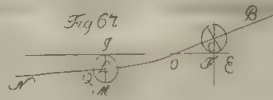


Fig 68

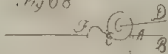


Fig 70

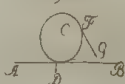
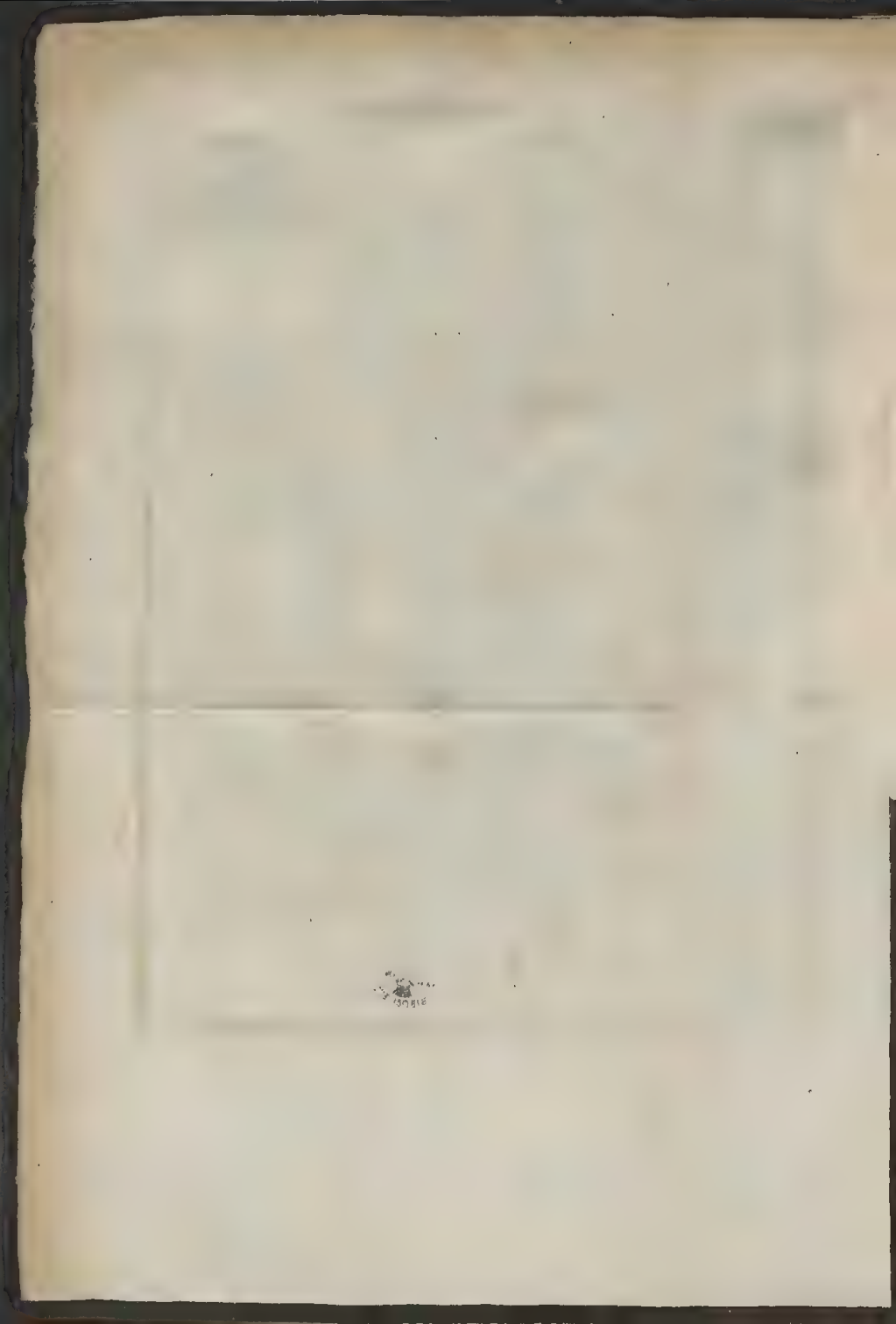


Fig 69







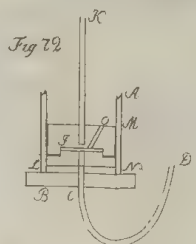
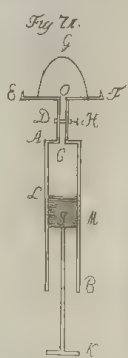


Fig 74

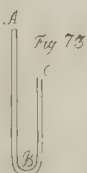
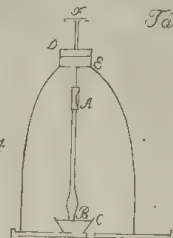


Fig 73

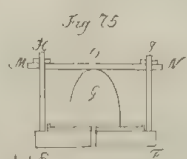


Fig 75

Fig 76



Fig 77

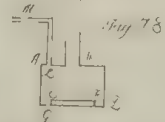


Fig 78



Fig 81

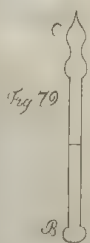


Fig 79

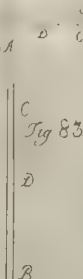


Fig 83



Fig 84

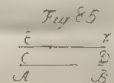


Fig 85

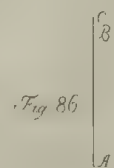


Fig 86

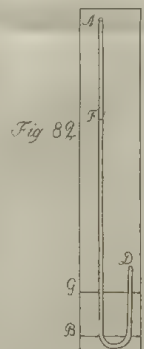


Fig 82

THE  
LIBRARY  
OF THE  
MUSEUM  
OF  
COMPARATIVE ZOOLOGY  
AT  
HARVARD UNIVERSITY  
CAMBRIDGE, MASS.



2710-10  
MAY 1910  
10  
10

Fig. 103.

A C D E

Fig. 104.

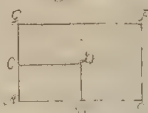


Fig. 107.

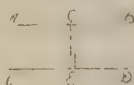


Fig. 110.

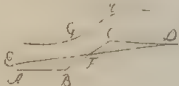


Fig. 112.



Fig. 115.



Fig. 105.

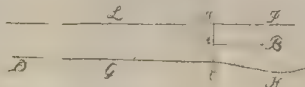


Fig. 105.

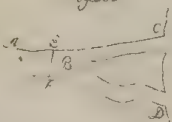


Fig. 108.

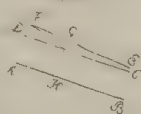


Fig. 111.



Fig. 113.

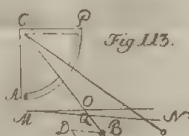


Fig. 106.

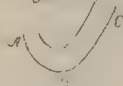


Fig. 109.

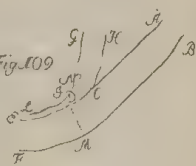


Fig. 114.

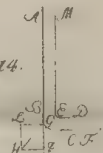
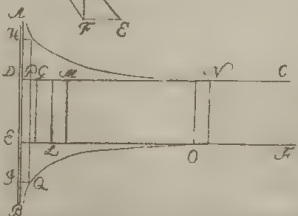
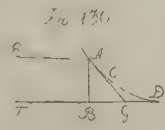
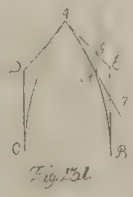
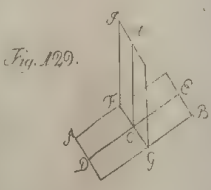
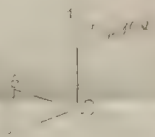
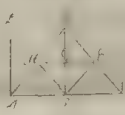
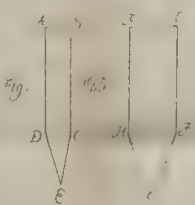
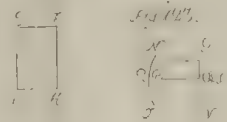
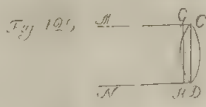
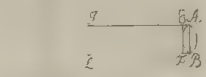
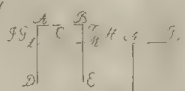
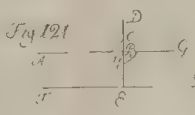
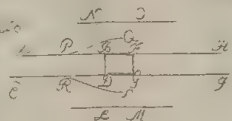
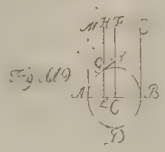
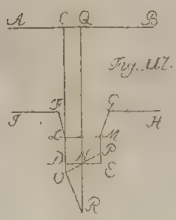


Fig. 116.









1851  
JAN 10  
1851

Tabl. II

Fig. 132.

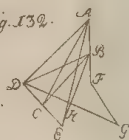


Fig. 133.

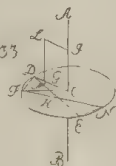


Fig. 134.

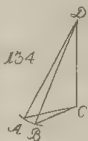


Fig. 135.

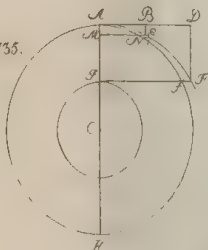


Fig. 136.



Fig. 137.



Fig. 140.

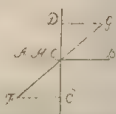


Fig. 138.

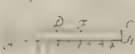


Fig. 139.

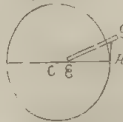


Fig. 143.

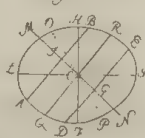


Fig. 141.

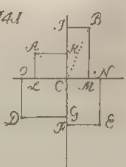


Fig. 142.

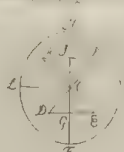


Fig. 144.



Fig. 145.

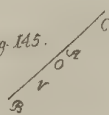


Fig. 146.

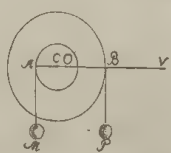
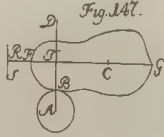


Fig. 147.



RECEIVED  
JAN 10 1902  
JAN 10 1902



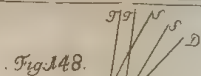


Fig. 149.

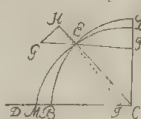


Fig. 151. Tablica 19.

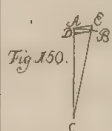
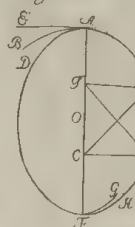


Fig. 152.

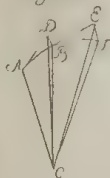


Fig. 153.



Fig. 156.

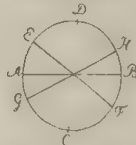


Fig. 154.

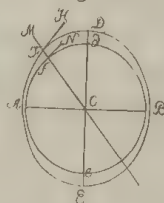


Fig. 155.

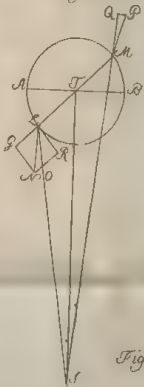


Fig. 157.

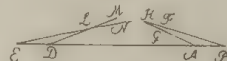


Fig. 159.

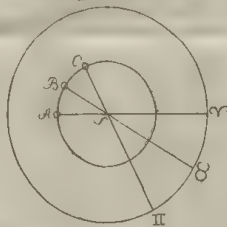


Fig. 158.

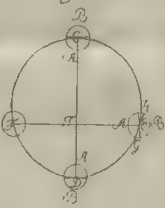


Fig. 160.

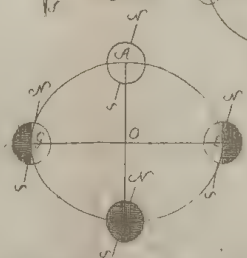
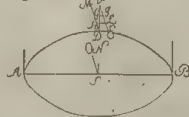


Fig. 161.

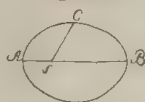


2000  
2000  
2000  
2000

Fig. 162.



Fig. 163



Tablica 13

Fig. 164

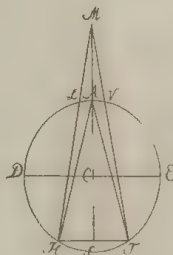
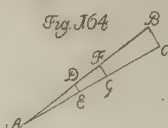


Fig. 165

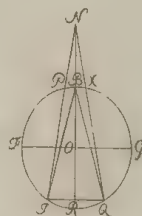


Fig. 167

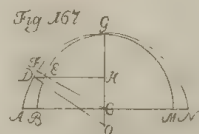


Fig. 168.

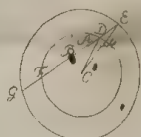


Fig. 171

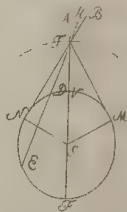


Fig. 166.



Fig. 169



Fig. 175

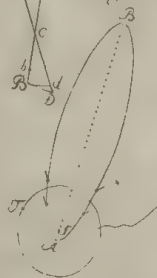


Fig. 170

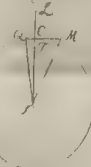


Fig. 174

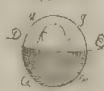


Fig. 172



Fig. 173

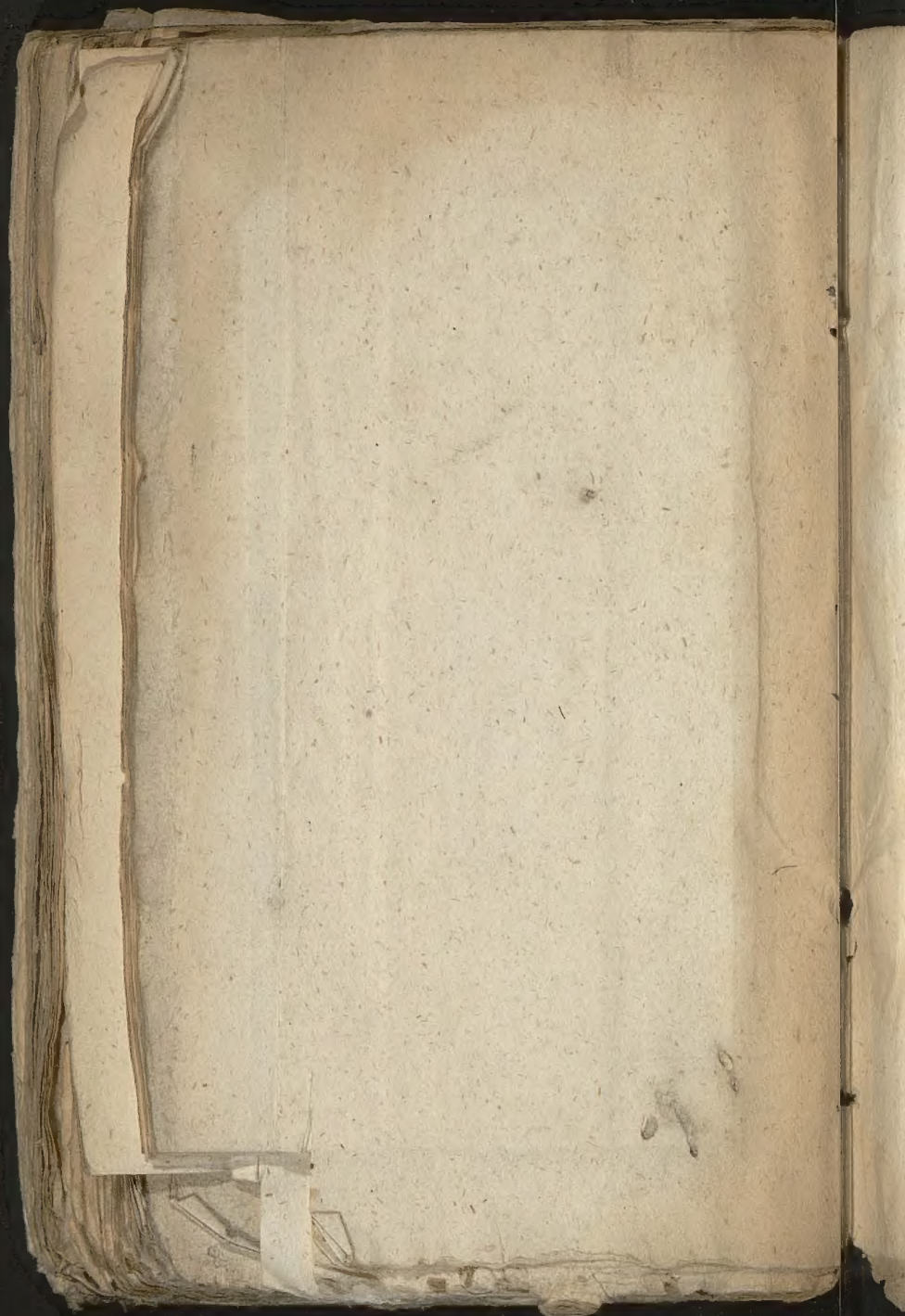


Fig. 176











Biblioteka Jagiellońska



sidr0010826

2464.6

